

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

MONITOREO DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PROPONER UN SISTEMA DE  
ALERTA TEMPRANA EN APOYO A PEQUEÑOS PRODUCTORES DE MAÍZ  
TESIS DE GRADO

**ADRIANA BEATRIZ ALVARADO VARGAS**  
CARNET 26259-11

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, FEBRERO DE 2016  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

MONITOREO DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PROPONER UN SISTEMA DE  
ALERTA TEMPRANA EN APOYO A PEQUEÑOS PRODUCTORES DE MAÍZ  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**ADRIANA BEATRIZ ALVARADO VARGAS**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, FEBRERO DE 2016  
CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. EDUARDO VALDES BARRIA, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS  
SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANO: DR. ADOLFO OTTONIEL MONTERROSO RIVAS  
VICEDECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
SECRETARIA: ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES  
DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ING. JUAN CARLOS ROSITO MONZON

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. PEDRO ARNULFO PINEDA COTZOJAY

ING. LUIS FELIPE CALDERON BRAN

ING. SERGIO ALEJANDRO MANSILLA JIMÉNEZ



Instituto de Investigación y Proyección sobre Ambiente Natural y Sociedad (IARNA)  
Vicerrectoría de Investigación y Proyección  
Universidad Rafael Landívar  
Vista Hermosa III, Campus Central Zona 16  
Edificio Q, oficina 101  
PBX. 2426-2626 Ext. 2657/62559

IARNA/MFE/284/2015

Guatemala, 02 de diciembre de 2015

Honorable Consejo de  
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he procedido a revisar el Informe Final de Tesis de la estudiante Adriana Beatriz Alvarado Vargas, que se identifica con carné 26259-11, titulado "Monitoreo del Cambio Climático Para Proponer Un Sistema De Alerta Temprana En Apoyo A Pequeños Productores De Maíz (Zea mays L.). El cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado, por lo que solicito sea revisado por la terna que designe el Honorable Consejo de la Facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,

Ing. Agr. Juan Carlos Rosito  
Colegiado No. 2151



**Orden de Impresión**

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante ADRIANA BEATRIZ ALVARADO VARGAS, Carnet 26259-11 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 068-2016 de fecha 12 de febrero de 2016, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

**MONITOREO DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PROPONER UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN APOYO A PEQUEÑOS PRODUCTORES DE MAÍZ**

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AMBIENTAL en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 25 días del mes de febrero del año 2016.

  
\_\_\_\_\_  
ING. REGINA CASTAÑEDA FUENTES, SECRETARIA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar



## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor Ing. Juan Carlos Rosito por su valiosa asesoría, tiempo, revisión y corrección de la presente investigación

A los Ingenieros Gerónimo Pérez y Pedro Pineda por su apoyo para la presente investigación.

A la organización ASECSA del departamento de Chimaltenango, por su accesibilidad y apoyo a la presente investigación

A las mujeres y hombres agricultores de las comunidades Payá y Pachay Las Lomas por su disponibilidad y transferencia de conocimientos para el presente estudio.

A mis compañeras Sara Fernández, Carmen Sierra, Lucía García por su apoyo durante la realización de la presente investigación.

## DEDICATORIA

A

Dios: por su consuelo, bendiciones y presencia constante en mi vida.

Mis Padres: por su amor y su apoyo total para el cumplimiento de mis sueños y metas.

Mis hermanos: por su cariño, apoyo y amistad en todo momento.

Mis Abuelos: Por su cariño y enseñanzas, así como su apoyo durante todo el estudio de mi carrera.

Mi mejor amiga: Por su apoyo incondicional aún en la distancia.

Mi motivación e inspiración, el cuidado del medio ambiente.

Los agricultores en riesgo de inseguridad alimentaria y pobreza, para que este instrumento pueda ser de utilidad para enfrentar tan dura realidad.

## INDICE

	Página
ACRÓNIMOS Y SIGLAS.....	i
RESUMEN .....	ii
SUMMARY .....	iii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEORICO .....	2
2.1 DEFINICIÓN DE RIESGO A EVENTOS CLIMÁTICOS .....	2
2.2 DEFINICION DE CAMBIO CLIMATICO Y SUS IMPACTOS EN GUATEMALA. .....	3
2.2.1 Definición de la amenaza de Cambio Climático y la vulnerabilidad .....	4
2.2.2 Impactos sobre sistemas y sectores específicos .....	5
2.2.3 Afección del cambio climático en Guatemala .....	6
2.2.4 Afecciones del Cambio Climático en la Agricultura y Agricultura de..... Subsistencia .....	7
2.3 TIPOLOGÍA DE PRODUCTORES AGRÍCOLAS DE GUATEMALA .....	11
2.4 ZONAS DE VIDA DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO .....	13
2.4.1 Bosque húmedo premontano Tropical. Características físicas y climáticas .....	13
2.4.2 Bosque húmedo montano bajo. Características físicas y climáticas .....	14
2.4.3 Afecciones de cambio climático a las zonas de vida bosque húmedo premontano tropical y bosque húmedo montano bajo.....	14
2.5 EL CULTIVO DE MAÍZ EN GUATEMALA .....	15
2.5.1 Regiones agroecológicas productoras de maíz en Guatemala .....	15
2.5.2 Producción de maíz en Guatemala.....	16
2.5.3 Producción de maíz en municipios y departamentos representativos de las zonas de vida seleccionadas .....	18
2.6 CICLO FENOLOGICO DEL MAIZ.....	19
2.6.1 Crecimiento y fases de desarrollo del maíz. ....	20
2.7 SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA .....	21
2.7.1 Concepto de Sistema de Alerta Temprana.....	21
2.7.2 Objetivo del Sistema de Alerta Temprana .....	22
2.7.3 Componentes de un Sistema de Alerta Temprana .....	22



2.7.4 Aplicabilidad de Sistemas de Alerta Temprana .....	23
2.8 FACTIBILIDAD TÉCNICA DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA .....	24
2.8.1 Estudio de Factibilidad.....	24
2.8.2 Estudios de Factibilidad de alerta temprana dirigida a pequeños productores .....	25
III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	26
3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA .....	26
IV. OBJETIVOS .....	29
4.1 OBJETIVO GENERAL .....	29
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	29
VI. METODOLOGÍA.....	30
6.1 AMBIENTE .....	30
6.2 SUJETOS Y UNIDADES DE ANÁLISIS .....	31
6.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	31
6.4 INSTRUMENTO.....	31
6.5 DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN .....	31
6.5.1 Metodología para análisis del clima en las zonas de vida bh-MBT y bh-PMT. ....	31
6.5.2 Metodología para análisis de efecto en la producción de maíz por eventos climáticos extremos. ....	32
6.5.3 Metodología para determinar capacidad de respuesta de los agricultores de las comunidades Payá y Pachay las Lomas.....	36
6.5.4 Metodología para propuesta de Sistema de Alerta Temprana.....	37
6.5.4 Metodología para determinar la factibilidad del SAT.....	40
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
7.1 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS DE LAS ZONAS DE VIDA bh-MBT y bh-PMT.....	41
7.2 ANÁLISIS DEL EFECTO DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN CHIMALTENANGO.....	47
7.2.1 Percepción de los efectos del cambio climático en el cultivo de maíz por parte de los agricultores de las comunidades Payá y Pachay las Lomas del departamento de Chimaltenango.....	51
7.2.1.1 Producción y rendimiento de maíz en años climático normal, con anegamiento de suelos y déficit hídrico.....	53

a)	Producción y rendimiento en año climático normal de las comunidades Payá y Pachay las Lomas. ....	53
a)	Producción y rendimiento en año climático con evento extremo (anegamiento de suelos) de las comunidades Payá y Pachay las Lomas. Basado en el año 2010. ....	56
b)	Producción y rendimiento en año climático con evento extremo (sequía) de las comunidades Payá y Pachay las Lomas. Basado en el año 2010. ....	60
7.2.1.2	Determinación de pérdidas de producción de maíz en un tiempo determinado y afecciones por eventos climáticos extremos en cada fase del ciclo fenológico del maíz. ....	64
7.3	DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LOS AGRICULTORES DE LAS COMUNIDADES DE CHIMALTENANGO. ....	77
7.4	PROPUESTA DE SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA. ....	78
7.4.1	Conocimiento del riesgo. ....	79
7.4.2	Definición de Alerta. ....	80
7.4.3	Comunicación. ....	90
7.4.4	Capacidad de Respuesta. ....	93
7.5	FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA. ....	97
VIII.	CONSLUSIONES. ....	99
IX.	RECOMENDACIONES. ....	101
X.	BIBLIOGRAFÍA. ....	102
XI.	ANEXOS. ....	105
11.1	DATOS RECOPIADOS DE PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO Y PRECIPITACIÓN A NIVEL NACIONAL Y DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO. ....	105
11.2	BOLETA PARA DETERMINAR LOS EFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA ZONAS DE VIDA BH-MBT Y BH-PMT DE CHIMALTENANGO. ....	107
11.3	RECOPIACIÓN DE DATOS DE PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO DE LAS COMUNIDADES PACHAY LAS LOMAS Y PAYÁ DE CHIMALTENANGO. ....	115
11.5	PROPUESTA DE BOLETÍN DE RIESGO AGROCLIMÁTICO. ....	121

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimientos del maíz en Guatemala ante variaciones en la temperatura	Pág 10
Figura 2. Guatemala: Rendimiento del maíz ante variaciones en la precipitación	10
Figura 3. Cuatro elementos principales de los sistemas de alerta temprana centrados en la población	22
Figura 4. Mapa de Zonas de Vida del departamento de Chimaltenango.	30
Figura No. 5: Precipitación anual de 1970-2003 de la estación Labor Ovalle, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo.	42
Figura 6. Temperatura Máxima registrada de 1970-2013 de la estación Labor Ovalle, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo.	43
Figura 7. Temperatura Mínima registrada de 1970-2013 de la estación Labor Ovalle, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo	44
Figura 8. Precipitación anual registrada de 1970-2013 de la estación INSIVUMEH, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo premontano Tropical.	45
Figura 9. Temperatura Máxima registrada de 1970-2013 de la estación INSIVUMEH, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo premontano Tropical.	46
Figura 10. Temperatura Mínima registrada de 1970-2013 de la estación INSIVUMEH, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo premontano Tropical.	47

Figura 11. Relación rendimiento anual y precipitación anual a nivel nacional	48
Figura 12. Relación precipitación vs producción anual en el departamento de Chimaltenango.	49
Figura 13. Producción de maíz en la comunidad Pachay las Lomas en un año climático normal	54
Figura 14. Producción de maíz en la comunidad Payá en un año climático normal.	54
Figura 15. Rendimiento de maíz en la comunidad Pachay las Lomas, en un año climático normal.	55
Figura 16. Rendimiento de maíz en la comunidad Payá, en un año climático normal.	56
Figura 17. Producción de maíz en la comunidad Pachay las Lomas, en año con anegamiento de suelos, tomando de base el año 2010.	57
Figura 18. Producción de maíz en la comunidad Payá, en año con anegamiento de suelos, tomando de base el año 2010.	58
Figura 19. Rendimiento de maíz en la comunidad Pachay las Lomas, en año con anegamiento de suelos, tomando de base el año 2010.	59
Figura 20. Rendimiento de maíz en la comunidad Payá, en año con anegamiento de suelos, tomando de base el año 2010.	59
Figura 21. Producción de maíz en la comunidad Pachay las Lomas, en año con déficit hídrico, tomando de base el año 2014.	60
Figura 22. Producción de maíz en la comunidad Payá, en año con déficit hídrico, tomando de base el año 2014.	61

Figura 23. Rendimiento de maíz en la comunidad Pachay las Lomas, en año con sequía, tomando de base el año 2014.	62
Figura 24. Rendimiento de maíz en la comunidad Payá, en año con déficit hídrico, tomando de base el año 2014.	62
Figura 25. Comparación de rendimiento en comunidades Pachay y Payá (Chimaltenango), de los años 2010, 2014 y año climático normal.	63
Figura 26. Pérdida de producción, según días continuos de lluvia (con anegamiento por agua en el suelo) fase del ciclo fenológico de maíz, año muy húmedo 2010.	65
Figura 27. Afecciones al cultivo de maíz según fases de ciclo fenológico del maíz (vegetativa, reproductiva y cosecha), durante anegamiento de suelo.	68
Figura 28. Pérdida por sequía, según días sin lluvia, fase del ciclo fenológico de maíz, en base al año de referencia 2014.	71
Figura 29. Afecciones al cultivo de maíz en las fases vegetativa y reproductiva, según fases de ciclo fenológico del maíz durante déficit hídrico.	73
Figura 30. Porcentaje de agricultores que toman medidas de adaptación ante eventos climáticos extremos.	77
Figura 31. Componentes del Sistema de Alerta Temprana municipal o comunitario.	78
Figura 32. Sistemas de Alerta Temprana para Anegamiento de Suelo, Mediano Plazo	83
Figura 33. Sistemas de Alerta Temprana para Anegamiento de Suelo, Corto Plazo.	84

Figura 34. Propuesta de Sistema de Alerta Temprana para Sequía. Mediano Plazo	87
Figura 35. Propuesta de Sistema de Alerta Temprana para Sequía. Corto Plazo	88
Figura 36. Sistema de Monitoreo	89
Figura 37. Diagrama de actores	91
Figura 38. Anexo Boletín Informativo	121

## ÍNDICE DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1. Elementos de amenaza y vulnerabilidad de un sistema (IARNA-AECSA, 2014).	2
Cuadro 2. Características de los productores agrícolas de Guatemala de 2011 de acuerdo a rangos de las variables con tendencia incremental en los tipos de productor identificados	12
Cuadro 3. Zonas agroecológicas productoras de maíz en Guatemala	16
Cuadro 4. Guatemala: distribución por regiones de la población total y de los productores de granos básicos 2006 (en %)	19
Cuadro 5. Ciclo Fenológico Teórico validado en campo de las Comunidades Pachay y Payá de Chimaltenango.	52
Cuadro 6. Pérdida de producción, según días continuos de lluvia (con anegamiento de aguas en el suelo) fase del ciclo fenológico de maíz.	65
Cuadro 7. Análisis comparativo de los efectos del anegamiento de suelo en maíz en base información empírica y documental.	70
Cuadro 8. Pérdida de producción, según días sin lluvia, fase del ciclo fenológico de maíz	71
Cuadro 9. Análisis comparativo de los efectos del déficit hídrico de agua en maíz en base información empírica y documental.	75
Cuadro 10. Conocimiento del Riesgo para el cultivo de maíz.	79
Cuadro 11. Propuesta de indicadores y niveles de alerta para eventos de anegamiento de suelo, mediano plazo	81

Cuadro 12. Propuesta de indicadores y niveles de alerta para eventos de anegamiento de suelo para corto plazo.	82
Cuadro 13. Propuesta de indicadores y niveles de alerta para eventos de déficit de humedad, mediano plazo.	85
Cuadro 14. Propuesta de indicadores y niveles de alerta para eventos de déficit de humedad, corto plazo.	86
Cuadro 15. Medidas de respuesta ante evento de anegamiento de suelo.	94
Cuadro 16. Medidas de respuesta ante evento de sequía.	95
Cuadro 17. Datos Nacionales sobre área cultivada, producción, rendimiento y precipitación anual.	105
Cuadro 18. Promedio de precipitación y producción en el departamento de Chimaltenango.	106
Cuadro 19. Recolección recopilada en campo de los agricultores.	115
Cuadro 20. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año climático normal. Comunidad Pachay las Lomas.	116
Cuadro 21. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año climático normal. Comunidad Payá.	116
Cuadro 22. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año climático normal. Comunidad Pachay las Lomas.	117
Cuadro 23. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año climático normal. Comunidad Payá.	117
Cuadro 24. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año con anegamiento de suelos. Comunidad Pachay las Lomas.	118
Cuadro 25. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año con anegamiento de suelos. Comunidad Payá.	118



Cuadro 26. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año con anegamiento de suelos. Comunidad Pachay las Lomas.	119
Cuadro 27. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año con anegamiento de suelos. Comunidad Payá.	119
Cuadro 28. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año con déficit hídrico. Comunidad Pachay las Lomas.	119
Cuadro 29. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año con déficit hídrico. Comunidad Payá.	120
Cuadro 30. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año con anegamiento déficit hídrico. Comunidad Pachay las Lomas.	120
Cuadro 31. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año con anegamiento déficit hídrico. Comunidad Payá.	120

## **ACRÓNIMOS Y SIGLAS**

CONRED	Coordinadora Nacional de Reducción de Desastres
CODRED	Coordinadora Departamental de Reducción de Desastres
IARNA	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación
NOAA	Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (por sus siglas en inglés)
OEA	Organización de Estados Americanos
OMM	Organización Meteorológica Mundial
SAT	Sistema de Alerta Temprana

### **Zonas de Vida**

Bh-MBT	Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical
Bh-PMT	Bosque Húmedo Premontano Tropical

# **MONITOREO DEL CAMBIO CLIMÁTICO PARA PROPONER UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN APOYO A PEQUEÑOS PRODUCTORES DE MAÍZ**

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene como objetivo proponer un sistema de alerta temprana en apoyo a los pequeños productores de maíz de las comunidades de Chimaltenango, ubicados en las zonas de vida Bosque húmedo montano bajo tropical y Bosque húmedo premontano tropical. Para lograr este objetivo se procedió a analizar la variabilidad climática de las zonas de vida Bosque húmedo montano bajo y Bosque húmedo premontano tropical en los últimos 70 años. Se analizó la influencia de la precipitación promedio anual sobre el rendimiento y producción de maíz a nivel nacional y departamental a través de análisis estadísticos de correlación. Se realizaron entrevistas, validada por el juicio de expertos, a los agricultores de las comunidades de Chimaltenango para determinar cómo eventos climáticos extremos habían afectado el cultivo de maíz. Los resultados corroboraron que efectivamente los eventos extremos tienen incidencia en cada fase de crecimiento del cultivo y que esta reduce la capacidad de respuesta de los agricultores de subsistencia. La información analizada permitió diseñar el sistema de alerta temprana. Este sistema de alerta temprana tiene como objetivo la disminución de las pérdidas del cultivo de maíz, para el cual se diseñaron cuatro componentes principales: conocimiento del riesgo de eventos climáticos extremos (sequía y exceso de humedad específicamente), Sistema de alerta y monitoreo, comunicación y capacidad de respuesta. Finalmente se determina que el sistema de alerta temprana es factible técnicamente.

# **MONITORING OF CLIMATE CHANGE TO PROPOSE AN EARLY WARNING SYSTEM IN SUPPORT OF SMALL PRODUCERS OF CORN**

## **SUMMARY**

The objective of this research was to propose an early warning system in support of small producers of corn in the communities of Chimaltenango, located in the life zones under Tropical montane wet forest and Tropical montane forest. The climate variability was analyzed in the life zones of Tropical montane wet forest and Tropical montane forest for the last 70 years. It was analyzed the influence of average precipitation over corn production and yield at national and departmental level through statistical correlation analysis. Interviews were conducted to farmers in the communities of Chimaltenango to determine how extreme climate events had affected the corn crop. The results effectively corroborates extreme events had an impact in each growth stage and reduces the response capacity of subsistence farmers. The data analyzed, allowed to design an early warning system. This early warning system has for objective to reduce the losses over corn crop, for which four components were designed: risk knowledge to extreme climate events (specifically drought and excess moisture), monitoring and alert system, communication and response capacity. Finally it's determined that the early alert system is technically feasible.

## I. INTRODUCCIÓN

Se define como Cambio Climático a la variación del valor medio del estado del clima que ha persistido durante largos periodos, generalmente decenios o más años, y que es identificable mediante pruebas estadísticas. El cambio climático de la Tierra puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropogénicos constantes en la composición de la atmósfera o del uso de la tierra (IPCC, 2007).

Actualmente se enfrentan fenómenos climáticos extremos de formas más frecuentes. Para el caso concreto de Guatemala, las afecciones por cambio climático se han clasificado en corto, mediano y largo plazo, siendo las principales consecuencias, las afecciones a la salud humana, pérdidas humanas y económicas, inseguridad alimentaria, entre otras.

En este contexto entra el impacto hacia la agricultura, específicamente la agricultura de maíz de pequeños productores. La agricultura captura la mayor fuerza laboral a nivel nacional, se constituyen en un mecanismo de subsistencia de muchas familias guatemaltecas. Durante las últimas décadas, los eventos climáticos extremos como sequías, heladas, inundaciones, etc. han repercutido en la economía y seguridad alimentaria de estas familias.

Por esta razón, se analiza la factibilidad de un sistema de alerta temprana, que tiene como objetivo apoyar a los pequeños productores para reducir las pérdidas de su principal medio de vida, el maíz, cuyos componentes son: identificación de riesgo, emisión de alerta, comunicación y capacidad de respuesta. Esta propuesta se basa en los análisis de los efectos de eventos climáticos extremos en las fases del ciclo fenológico del maíz. Para esto se realizó análisis de datos climáticos y de rendimiento agrícola, así como de entrevistas a agricultores en campo en dos comunidades del departamento de Chimaltenango (Pachay las Lomas y Payá), ubicadas en los municipios San Martín Jilotepeque y San Juan Comalapa.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1 DEFINICIÓN DE RIESGO A EVENTOS CLIMÁTICOS

El riesgo a eventos climáticos es la probabilidad y la magnitud de las consecuencias adversas después de un evento climático de peligro, relacionado por la función de la interacción entre las posibles amenazas y la vulnerabilidad de un sistema (IPCC, 2001; Adger, 2006).

A continuación, en la Cuadro 1, se muestra un diagrama de variables generales y atributos relacionados con el concepto de riesgo.

Cuadro 1. Elementos de amenaza y vulnerabilidad de un sistema (IARNA-AECSA, 2014).

Variables Generales			Atributos
Riesgo actual del territorio	Amenaza	Susceptibilidad	Frecuencia e intensidad
	Vulnerabilidad	Exposición	Elementos expuestos
		Sensibilidad	Impacto
		Capacidad de adaptación	Acceso a Recursos
			Estabilidad
Flexibilidad			

(IARNA-AECSA, 2014)

Una amenaza se define como la probabilidad que ocurra un evento climático frente al cual una población es vulnerable en un tiempo determinado de exposición. Es representada por un peligro latente asociado con un fenómeno físico en un sitio específico, produciendo efectos adversos en personas y/o el medio ambiente. La amenaza se expresa matemáticamente como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad en un cierto sitio y en cierto período de tiempo. La diferencia entre amenaza y riesgo radica en que la amenaza está relacionada con la probabilidad de que se manifieste un evento natural o un evento provocado, mientras que el riesgo está relacionado con la probabilidad de que se manifiesten ciertas consecuencias, las cuales se encuentran íntimamente

relacionadas con la vulnerabilidad que tienen dichos elementos a ser afectados por el evento (IPCC, 2001; Adger, 2006).

La vulnerabilidad al cambio climático se define como el grado al cual un sistema, es incapaz, de enfrentar los efectos adversos del cambio climático, que incluyen la variabilidad y los extremos del clima. De esta manera, es una función de la exposición, de la sensibilidad y de la capacidad de adaptación del sistema a la magnitud y rapidez de la variación del clima a la cual está expuesta (IPCC, 2001; Adger, 2006; MDG Achievement Fund, 2010).

Se denomina adaptación a los ajustes en los sistemas naturales o humanos (sociales, económicos e institucionales) como respuesta a estímulos climáticos previstos, o a sus efectos. Esto para evitar daños o aprovechar oportunidades (Adger, Arnel, & Tompkins, 2005; IPCC, 2001) y reducir significativamente la vulnerabilidad (UNDP, 2002).

La capacidad de adaptación se define como la posibilidad de un sistema para responder al cambio, utilizando herramientas para afrontar los eventos externos. Es un esfuerzo intrínseco estratégico y consciente para aumentar la capacidad de un sistema de hacer frente o evitar, las consecuencias de los cambios en el clima MDG Achievement Fund, (2010). La capacidad de adaptación se puede definir a partir de atributos específicos de la población en el territorio bajo intervención. De acuerdo a MDG Achievement Fund (2010), estos atributos han sido clasificados como: acceso a recursos, flexibilidad y estabilidad.

## **2.2 DEFINICION DE CAMBIO CLIMATICO Y SUS IMPACTOS EN GUATEMALA.**

Se define como Cambio Climático a la variación del valor medio del estado del clima que ha persistido durante largos periodos, generalmente decenios o más años, y que es identificable mediante pruebas estadísticas. El cambio climático de la Tierra puede deberse a procesos internos naturales, a forzamientos externos o a cambios antropogénicos constantes en la composición de la atmósfera o del uso de la tierra (IPCC, 2007).

### **2.2.1 Definición de la amenaza de Cambio Climático y la vulnerabilidad**

Para el IPCC (2007), el término “cambio climático” denota un cambio en el estado del clima identificable (por ejemplo, mediante análisis estadísticos) a raíz de un cambio en el valor medio y/o en la variabilidad de sus propiedades, y que persiste durante un período prolongado, generalmente cifrado en decenios o en períodos más largos. Denota todo cambio del clima a lo largo del tiempo, tanto si es debido a la variabilidad natural como si es consecuencia de la actividad humana.

Durante los últimos años desde 1995, once se encuentran entre los doce más cálidos en los registros instrumentales de la temperatura de la superficie mundial (desde 1850). La tendencia lineal a 100 años (1906-2005), cifrada en 0.74°C [entre 0.56°C y 0.92°C] es superior a la tendencia correspondiente de 0.6°C [entre 0.4°C y 0.8°C] (1901-2000) indicada en el Tercer Informe de Evaluación (TIE). Este aumento de temperatura está distribuido por todo el planeta y es más acentuado en las latitudes septentrionales superiores. Las regiones terrestres se han calentado más aprisa que los océanos (IPCCC, 2007). Según las observaciones realizadas, desde 1970 hay un aumento de la actividad tropical intensa en el Atlántico Norte, con escasa evidencia de aumento en otras regiones.

En promedio, el aumento de la temperatura durante la segunda mitad del siglo XX, del Hemisferio Norte fue muy probablemente superior cualquier período de 50 años de los últimos 500 años y más altas de los últimos 1300 años (IPCCC, 2007).

Según el informe del IPCC (2007) el aumento de la temperatura afectaría:

- La gestión agrícola y forestal en latitudes superiores del Hemisferio Norte, por ejemplo en una plantación más temprana de los cultivos en primavera, y en alteraciones de los regímenes de perturbación de los bosques por efecto de incendios y plagas.
- Ciertos aspectos de la salud humana, como la mortalidad a causa del calor en Europa, o una alteración de los vectores de enfermedades infecciosas en ciertas áreas, o de los pólenes alergénicos en latitudes altas y medias del Hemisferio Norte.



- Ciertas actividades humanas en la región ártica (por ejemplo, la caza, o los viajes a través de nieve o hielo) y en áreas alpinas de menor elevación (por ejemplo, los deportes de montaña).

## **2.2.2 Impactos sobre sistemas y sectores específicos**

### a) Ecosistemas

“Durante el presente siglo, la incorporación de carbono neta de los ecosistemas terrestres alcanzará probablemente un máximo antes de mediados del siglo para, seguidamente, debilitarse o incluso invertirse, amplificando de ese modo el cambio climático” (IPCCC, 2007)

- Si los aumentos del promedio mundial de temperatura excede 2.5°C, existe un riesgo de extinción entre el 20 y 30% de las especies vegetales y animales.
- En el caso del aumento del promedio mundial de temperatura superiores a 1.5 y 2.5 °C. Además de las concentraciones correspondientes de CO<sub>2</sub> en la atmósfera, las proyecciones indican cambios en la estructura y función de los ecosistemas, que trae consecuencias negativas a la biodiversidad y servicios ecosistémicos.
- En cuanto a la producción de alimentos, según las proyecciones, la productividad de los cultivos aumentará ligeramente en latitudes medias a altas para aumentos de la temperatura media de hasta 1 a 3 °C en función del tipo de cultivo, para seguidamente disminuir por debajo de ese nivel en algunas regiones.
- En latitudes inferiores, especialmente en regiones estacionalmente secas y tropicales, la productividad de los cultivos disminuiría para aumentos de la temperatura local aún menores (de entre 1 y 2 °C), que incrementarían el riesgo de hambre.
- A nivel mundial, si el aumento de temperatura local ocurre entre 1 y 3°C el potencial de producción alimentaria aumentaría (IPCCC, 2007).
- La resiliencia de numerosos ecosistemas se verá probablemente superada en el presente siglo por una combinación sin precedentes

Para el caso de América Latina los impactos proyectados según IPCC (2007)

- A mediados del siglo, el aumento de temperatura y la disminución de humedad en el suelo, provocaría una sustitución de bosques tropicales por sabanas en el este del Amazonas. La vegetación árida tomaría terreno en lugar de la semiárida.
- Es probable la extinción de especies que conforman parte de la biodiversidad de América Latina Tropical.
- Existe el aumento de personas que padecerían hambre por la inseguridad alimentaria derivada de la baja productividad de algunos cultivos importantes.
- Los cambios en las pautas de precipitación y la desaparición de los glaciares afectarían notablemente a la disponibilidad de agua para consumo humano, agrícola e hidroeléctrico.

### **2.2.3 Afeción del cambio climático en Guatemala**

Actualmente surgen eventos climáticos extremos cada vez más frecuentes que, traen diversas consecuencias globales, regionales y de país afectando los sectores sociales, económicos y ambientales. “Las principales características o atributos de las amenazas relacionadas con el cambio climático para Guatemala y la región mesoamericana se han establecido en corto, mediano y largo plazo” (IARNA-URL, 2011).

#### a) Corto plazo.

“Para el corto plazo (2020) se prevé un aumento de temperatura promedio para Guatemala de alrededor de 2 °C. Asimismo se estima que aumentarán las temperaturas mínimas y máximas promedio. Es altamente probable que se observe una disminución de la precipitación en 156 mm” (IARNA-URL, 2011, p. 25).

Se prevé aumento de la variabilidad y eventos extremos de precipitación y temperatura, tanto estacional como interanual. Sequías, probablemente entre 3 y 4 veces cada diez años. Se espera el retraso de la estación lluviosa, así como expansión de la canícula a más de 30 días” (IARNA-URL, 2011).

#### b) Mediano y largo plazo

“Para 2050 se prevé un aumento de temperatura promedio para Guatemala de 3.4 °C. Para 2080 se prevé un aumento de 4.9 °C. Asimismo se estima que aumentarán las temperaturas mínimas y máximas promedio en similares proporciones” (IARNA-URL, 2011, p. 26).

#### **2.2.4 Afecciones del Cambio Climático en la Agricultura y Agricultura de Subsistencia**

Por su ubicación geográfica y condiciones climatológicas, durante los últimos años Guatemala ha sufrido múltiples eventos naturales.

“Los primeros estudios sobre vulnerabilidad al cambio climático en Guatemala, bajo una visión interinstitucional, se realizaron hacia finales de 2002, bajo el marco del proyecto “Primera Comunicación Sobre Cambio Climático”. Los resultados del documento concluyen que este país centroamericano es sensible en los siguientes aspectos: 1) salud humana, 2) recursos forestales, 3) recursos hídricos y 4) agricultura (producción de granos básicos)” (MARN, 2007, p.13).

“Se lograron elaborar tres tipos de escenarios: 1) normal, 2) optimista y 3) pesimista. Cada uno de ellos comprendió diferentes niveles de cumplimiento de políticas económicas y sociales, que están basadas en los acuerdos de paz y las condiciones de los préstamos internacionales. Estas cuestiones permitieron prever la posible evolución de las variables macroeconómicas y sociales. La línea base partió de la situación de Guatemala en 2000 y los escenarios planteados abarcan los años 2000 a 2020” (Mora, Ramírez, Ordaz y Acosta, 2010, p. 13).

De los tres escenarios analizados se concluyó que la disminución en la producción en los granos básicos es más significativa en el escenario pesimista, pues es en este caso donde se presentan las mayores reducciones en la producción y, que en aquellos lugares donde las condiciones climáticas serán más extremas, ahí se producirán los mayores impactos negativos en las producciones agrícolas de granos básicos” (MARN, 2001, p. 13)

Otros estudios, más específicos y recientes, sobre la vulnerabilidad se realizaron para la subcuenca del Río San José y Cuenca del Río Naranjo (MARN, 2005a,

2005b y 2007a 2007b). Las investigaciones buscaron medir los efectos del cambio climático en la agricultura de Guatemala para dos zonas con distintas características geográficas y climatológicas. Se analizó la producción de granos básicos (maíz y frijol) en las Subcuenca del Río San José y Cuenca del Río Naranjo; se estudió la sequía y las inundaciones respectivamente con el fin de buscar medidas de adaptación agrícola antes fenómenos climáticos extremos (Mora et al., 2010).

“El cambio climático produce fenómenos climáticos extremos. Asimismo, genera cambios importantes en la temperatura y en la precipitación. Durante el crecimiento de los cultivos la temperatura y la humedad del suelo tienen un papel determinante. Cuando los suelos están húmedos, la temperatura es usualmente el factor ambiental determinante en la velocidad de germinación. Por otro lado, la temperatura afecta muchos aspectos del crecimiento, incluyendo el desarrollo de los sistemas reticulares, la velocidad a la que absorben agua y nutrientes, la expansión de las hojas, la floración y el rendimiento” (Mora, Ramírez, Ordaz y Acosta, 2010, p. 30).

“Aumentos en la temperatura pueden tener efectos positivos o negativos sobre el rendimiento de los cultivos. La diferencia depende de la ubicación y magnitud de dichos cambios. Por ejemplo, algunos rubros pueden resultar beneficiados al existir menores heladas. Sin embargo, las altas temperaturas facilitan la existencia de insectos y enfermedades en las plantas, agravando el riesgo de la pérdida de las plantaciones. Los cambios en la precipitación afectan directamente la humedad del suelo y por lo tanto, la producción de alimentos” (Mora, Ramírez, Ordaz y Acosta, 2010, p. 30).

En cuanto a las medidas de adaptación futuras de la producción de granos básicos, los hallazgos sugieren las siguientes medidas: 1) una mayor y mejor organización de los productores de maíz (compra colectiva de insumos y servicios que permitan reducir sus costos y acceder al mercado de crédito formal), 2) la comercialización más eficiente del maíz que ayude a mejorar las ganancias del productor, 3) inversión tecnológica para mejorar el rendimiento del maíz a través de la introducción de nuevas variedades, acompañada de capacitación y asistencia técnica, y 4) ofrecer

productos financieros que respondan a las necesidades de los productores y comercializadores de maíz (Mora et al., 2010).

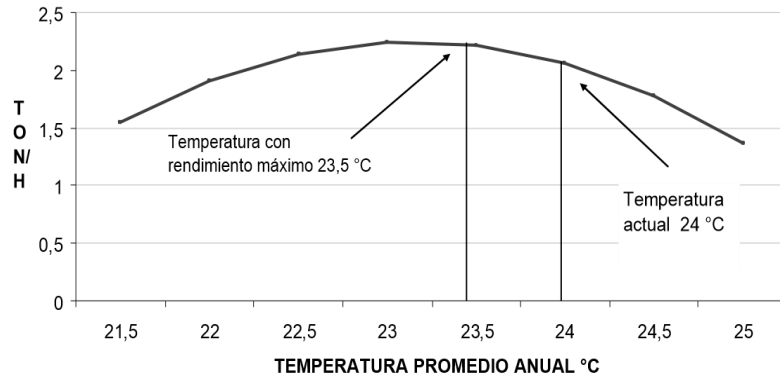
Las observaciones anuales correspondientes al período 1961-2006. Se refieren a los rendimientos (toneladas por hectárea). Las estimaciones y los escenarios que se presentaron no controlan por la posible adaptabilidad de los agricultores ante el cambio climático, ya que no se contó con información de variables relevantes para ello, como es el caso de algunas de capital humano.

a) El caso del maíz

Para el maíz, la precipitación promedio anual y la temperatura promedio anual son las variables climáticas con las que se realizó el análisis por ser las que presentaron la mayor correlación con los rendimientos de este producto. Como se observa, tanto la precipitación como la temperatura parecen tener efectos sobre la producción del maíz; a niveles relativamente bajos tienden a estimular la producción hasta un punto a partir de cual la desincentivan. De acuerdo con las diferentes pruebas estadísticas que se realizaron en el estudio se descarta la presencia de regresiones espurias, además las estimaciones parecen ser bastante robustas a las diferentes especificaciones.

Se realizaron proyecciones para conocer cuáles son los niveles de temperatura y precipitación aproximados a los que se podrían generar efectos negativos sobre la producción.

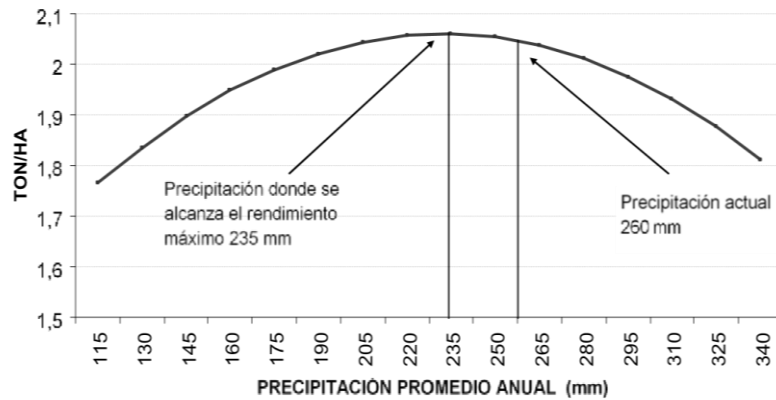
En la Figura 1 se presentan estos resultados, como se puede apreciar en él es probable que ya se haya rebasado o se esté muy cerca de sobrepasar la temperatura que permite alcanzar los mayores rendimientos.



Fuente: (Mora et al., 2010).

Figura 1. Rendimientos del maíz en Guatemala ante variaciones en la temperatura (Mora, 2010).

Por su parte, los ejercicios con la precipitación, mostrados en la Figura 3, sugieren que la producción de maíz alcanza su rendimiento máximo en niveles de precipitación inferiores al actual, y que cuando se rebasa el nivel actual la producción tiende a decrecer.



Fuente: (Mora et al., 2010).

Figura 2. Rendimiento del maíz ante variaciones en la precipitación en Guatemala (Mora et al., 2010).

## 2.3 TIPOLOGÍA DE PRODUCTORES AGRÍCOLAS DE GUATEMALA

El documento número 5 de la FAO, define: "El productor es una persona civil o jurídica que adopta las principales decisiones acerca de la utilización de los recursos disponibles y ejerce el control administrativo sobre las operaciones de la explotación agropecuaria. El productor tiene la responsabilidad técnica y económica de la explotación, y puede ejercer todas las funciones directamente o bien delegar las relativas a la gestión cotidiana a un gerente contratado" (FAO, p.33).

El pequeño productor es definido como el responsable de la mayor producción de alimentos en América Latina. Es la clase pobre, la clase campesina refiriéndose a clase pobre a que tiene diferentes intereses a la clase rica o apoderada. Los pequeños productores pueden ser propietario de tierra, arrendatario y aparecero a su vez que también lo son en las tierras de los agricultores grandes (CATIE, 1980).

Es caracterizado por tener limitaciones, su eficiencia y su potencial para contribuir al incremento en la producción de alimentos, además tiene un mínima influencia en los mercados, escasa disponibilidad de capital y falta de capacidad de endeudamiento para adquirir créditos, no conoce o no puede usar la tecnología disponible (CATIE, 1980).

Según el estudio realizado por USAID (2013), los productores pueden clasificarse en: tipo I se refiere a un productor con área para cultivar de un máximo de 1.62 ha. El segundo tipo se refiere a un productor que posee entre 1.63 y 1.68 ha para cultivar. El productor tipo tres es el que tiene entre 1.69 y 2.26 ha para cultivar. El tipo cuatro es el que mayor área posee, debido a que puede tener más de 2.26 ha. Para cultivar maíz, el tipo uno es el que también tiene menos área, ya que destina un máximo de 0.65 ha; por su lado, el tipo 2 destina para este cultivo entre 0.66 y 0.71 ha; el tipo tres entre 0.72 y 0.85 ha; y el cuatro, más de 0.85 ha.

“En los cuatro tipos de productores, las cantidades de maíz que destinan al autoconsumo superan el mínimo de la canasta básica familiar que según Instituto Nacional de Estadística (INE), Instituto de Nutrición Centroamericana y Panamá

(INCAP) y Secretaria General de Planificación es de 1800kg por año (18 quintales por año) para una familia de 5.38 miembros. Sin embargo, en los del tipo uno, un 68% disponen de una cantidad menor. Esto podría indicar un riesgo de inseguridad alimentaria en cuanto a maíz. A pesar de eso, aún dedican una parte para la venta” (USAID, 2013, pág. 27)

La tenencia de tierra para cultivo de maíz ha marcado diferencia en los tipos de productores. Los del tipo uno al tres tienen predominancia de arrendar tierras para este cultivo, los del tipo cuatro son propietarios en un cien por cien (USAID, 2013).

“Los agricultores del tipo dos son los que más tienden a participar en organizaciones comunitarias, seguidos por los del tipo tres y tipo uno. Los del tipo cuatro definitivamente no participan en grupos comunitarios” (USAID, 2013, pág. 27). En el Cuadro 2 se presenta la clasificación de los tipos de productores según sus características.

Cuadro 2. Características de los productores agrícolas de Guatemala de 2011 de acuerdo a rangos de las variables con tendencia incremental en los tipos de productor identificados

<b>Variables</b>	<b>Tipos</b>			
	1	2	3	4
<b>Área total (ha)</b>	< 1.6	1.66-1.68	1.69-2.26	> 2.26
<b>Área dedicada para producción de maíz (ha)</b>	0.65	0.66-0.71	0.72	> 0.85
<b>Cantidad de maíz dedicada para autoconsumo (qq)</b>	< 23	23-26	26-40	> 40
<b>Proporción de la producción de maíz que vende</b>	<0.12	0.13-0.14	0.15-0.30	>0.3

(USAID, 2013)



## 2.4 ZONAS DE VIDA DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO

“El departamento de Chimaltenango está ubicado en la Región Central del país. Ocupa una superficie aproximada de 1,979 km<sup>2</sup> y su cabecera departamental, Chimaltenango, se ubica aproximadamente a 1,800 metros sobre el nivel del mar. En 2010, a lo largo de sus 16 municipios vivían poco más de 595 mil personas. Se estima que un 50% de sus habitantes vive en áreas rurales “ (PNUD Guatemala, 2011)

Chimaltenango se ubica a una altura de 1,800.17 MSNM, y sus coordenadas son:

- Latitud 14°39'38”
- Longitud 90°49'10”

Algunos de los indicadores de Chimaltenango son la pobreza y desnutrición infantil, según el PNUD (2011) de los problemas que más afectan a la región.

Además se deben considerar para el presente estudio las características físicas y ecológicas, entre ellas las zonas de vida.

El sistema de Zonas de Vida desarrollado por Leslie Holdridge, consiste en la agrupación de regiones con ecosistemas similares, a partir de tres variables: biotemperatura media anual, precipitación pluvial anual y evapotranspiración anual. Las zonas de vida sintetizan los múltiples efectos de los factores que controlan los ecosistemas como la temperatura y precipitación, especialmente el clima (IARNA, 2012).

Para el departamento de Chimaltenango se ubican las siguientes zonas de vida:

### **2.4.1 Bosque húmedo premontano Tropical. Características físicas y climáticas**

Se encuentra ubicado en los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Totonicapán, Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala, Baja Verapaz, Progreso, Zacapa y las zonas montañosas de Izabal y Petén (IARNA, 2014).

Dentro de las condiciones climáticas cuenta con una precipitación anual entre 837 y 3,125 mm, con valor promedio de 1,731 mm. Y un promedio de temperatura de 21.27°C (UVG, INAB, CONAP, URL, 2011). La cobertura forestal representa el 27.36% y los granos básicos un 12.44% (MAGA, 2006).

#### **2.4.2 Bosque húmedo montano bajo. Características físicas y climáticas**

Ubicado principalmente en la región occidental de Guatemala, en los departamentos de Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango y Sacatepéquez, y las partes altas de Guatemala, Santa Rosa, Jalapa y Jutiapa. Cuenta con una extensión territorial de 1, 207,311 ha, con una altitud promedio de 2,150 msnm (IARNA, 2014).

Cuenta con una precipitación anual promedio de 1,630 mm y un temperatura promedio de 15.48°C, una relación de evapotranspiración potencial promedio de 0.67, esto representa es un excedente de agua en la zona de vida (UVG et, al, 2011), tiene una cobertura forestal de 38.50% y para granos básicos de 20.94% (MAGA, 2006).

#### **2.4.3 Afecciones de cambio climático a las zonas de vida bosque húmedo premontano tropical y bosque húmedo montano bajo**

En Mesoamérica, uno de los ecosistemas indicadores de los bosques húmedos y muy húmedos montanos es el bosque de pino-encino de montaña (arriba de 1,000 msnm). Estudios realizados en México y Centroamérica han determinado la posibilidad de impactos negativos en las poblaciones naturales de especies de importancia económica, como *Pinus patula* y *P. tecunumanii* a causa del cambio climático. Algunas predicciones suponen un impacto significativo del calentamiento global sobre la distribución de las poblaciones naturales de ambas especies; sin embargo, es previsible que demuestren un buen desempeño en una amplia variedad de climas, incluidos aquellos que actualmente se muestran como no aptos para su existencia. Esto sugiere que las especies de pino que se encuentran en su hábitat natural estarán mejor adaptadas al cambio climático (IARNA, 2011).

“Estudios sobre la adaptabilidad de la especie *Pinus oocarpa*, basados en modelos de cambios climáticos regionales (con aumentos en la temperatura media anual de 3.8°C a 8°C, humedad relativa anual de 26% y aridez), proyectados para el año

2090, revelaron que el periodo más difícil para la adaptación de sus poblaciones será entre los años 2030 y 2060, cuando se esperan que será más pronunciado el aumento de la aridez. Cambios de esta magnitud probablemente alterarán la distribución natural de la especie y crearían un retraso en la adaptación, al ser mayores las tasas de cambio del clima que las de adaptación biológica” (SáenzRomero, 2006, p. 43).

“Para el caso de bosques húmedos de acuerdo con modelaciones realizadas para Costa Rica, se prevé que el bosque muy húmedo tropical será la zona de vida más impactada por el cambio climático, tanto en términos porcentuales de cobertura, como en el área total absoluta que cambia a otra zona de vida. En términos porcentuales, son las zonas de vida más sensibles porque sufren el mayor impacto producido por el cambio en las variables climáticas, bajo los escenarios (tendencial y optimista) evaluados recientemente” (Sáenz-Romero, 2006, p. 45).

## **2.5 EL CULTIVO DE MAÍZ EN GUATEMALA**

### **2.5.1 Regiones agroecológicas productoras de maíz en Guatemala**

En el país el cultivo del maíz se realiza en diferentes condiciones agroclimatológicas ubicadas entre 0-3000 msnm. La mayor zona de producción se encuentra en el Trópico Bajo que comprende áreas comprendidas entre los 0-1400 msnm. Se estima un área de 476,000 ha (68% del área de producción). Esta zona está compuesta por áreas que presentan condiciones favorables en relación a la distribución de la precipitación (Zona Humedad favorecida). En esta zona se ubican áreas de cultivo que corresponden a los departamentos de la zona baja de San Marcos y Quetzaltenango, Retalhuleu, Escuintla, Santa Rosa, algunas zonas de Jutiapa, El Polochic, A.V, Izabal, zona baja de Huehuetenango y Quiché y El Petén (ICTA, 2002, p. 16).

La zona con limitación de precipitación (Zona de humedad limitada) abarca las diferentes áreas de cultivo que en los últimos años han presentado períodos de sequía recurrente durante el desarrollo del ciclo de cultivo. En esta zona se ubican áreas que corresponden a los departamentos de Jutiapa, Chiquimula,

Jalapa, Zacapa, El Progreso, Baja Verapaz, algunas zonas de sequía ubicadas en Quiché, Huehuetenango y El Petén. Se identificó una zona con problema de sequía una franja de 15 km a lo largo del Océano Pacífico que incluye áreas maiceras de los departamentos de San Marcos, Reetalhuleu, Suchitepequez y Escuintla (ICTA, 2002, p. 16). En el Cuadro 3 se presentan las zonas de producción de maíz a nivel de Guatemala.

Cuadro 3. Zonas agroecológicas productoras de maíz en Guatemala

<b>Zona</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>% de producción a nivel nacional</b>	<b>Altitud (msn m)</b>	<b>Descripción</b>
Trópico con humedad favorecida	301,000	43	0-1400	Precipitación relativamente uniforme
Trópico con humedad limitada	175,000	25		Precipitación deficiente y errática
Altiplano (Central Occidental)	224,000	32	1400-3000	Precipitación relativamente uniforme

(ICTA, 2000).

Las regiones agrológicas relacionadas con las zonas de vida nos permite analizar los impactos del cambio climático para esas tierras con vocación agrícola o no, que en la mayoría de los casos no es de vocación agrícola pero aun así es utilizada para producción de alimentos sobretodo de agricultura de subsistencia.

### 2.5.2 Producción de maíz en Guatemala

El cultivo del maíz (*Zea mays* L.) forma parte del grupo de los granos básicos que constituyen base de la dieta de la población guatemalteca por su alto contenido energético y de proteínas, cuya parte consumida es la semilla sexual. En Guatemala, las principales especies de granos básicos son el maíz, frijol negro, arroz y sorgo. Estos granos revisten una importancia especial por sus implicaciones culturales, socioeconómicas y alimentarias (ICTA, 2002).

A nivel centroamericano a excepción de Belice existen 1.9 millones de productores de granos básicos comprendiendo a productores de maíz, frijol, arroz, maicillo o sorgo. El 89% de los mismos vive en zonas rurales. El tamaño medio de los hogares

es de 5.4 miembros hasta un máximo medio de 6 personas por hogar productor de granos básicos en el caso de Guatemala y Nicaragua (Baumeister, 2006).

La población rural que vive en hogares donde se producen granos básicos, tanto para el autoconsumo como para venta, suman cerca de 9.5 millones que representa cerca del 52% de la población rural de América Central hacia el año 2007. En el caso de Guatemala el 67% de la población se dedica al cultivo de granos básicos, se combina una frecuente subdivisión de las parcelas, con un fuerte incremento del minifundio, avances de frontera agrícola en zonas de la llamada Franja Transversal del Norte y los departamentos de Alta Verapaz y Petén y una fuerte presión poblacional (Baumeister, 2006).

Para Guatemala cabe indicar que entre el Censo Agropecuario de 1979 y el de 2003 se produjo un incremento del 62% del número de productores. La cifra de productores de granos básicos de 2006 utilizada en el estudio surge de la (ENCOVI Encuesta de Condiciones de Vida) de ese año, y se trata de una encuesta de hogares que capta parcelas de granos básicos de muy pequeña escala. Según el estudio en Guatemala existen 942,885 pequeños productores de maíz. El promedio de áreas de maíz oscila entre 0.8 ha por productor en Guatemala (Baumeister, 2006).

“Según ICTA (2002), las áreas de cultivo de maíz se realiza en aproximadamente 500,000 hectáreas para el cultivo solo y 165,000 hectáreas asociado con frijol, sorgo, ajonjolí y otros. Hasta 2002 se logró disponer de un nivel de autosuficiencia del mercado de 96% para el caso del maíz de grano blanco. Sin embargo, para el caso del maíz de grano amarillo se ha optado por la vía de la importación. Actualmente el área maicera dedicada a este color de grano se estima en 1% y con tendencia a desaparecer” (p. 2)

El rendimiento promedio nacional de maíz es bajo hasta 2002 (1.77 t/ha). Este promedio es un indicador de los diferentes factores agrosocioeconómicos, culturales y ambientales que afectan los niveles de producción y productividad del maíz (ICTA, 2002)

### **2.5.3 Producción de maíz en municipios y departamentos representativos de las zonas de vida seleccionadas**

La distribución de la producción de maíz por departamento dependerá de las condiciones de las zonas de vida, así como de las condiciones climáticas y estado del suelo.

“En el Cuadro 4 puede verse la intensidad relativa de los productores de granos básicos con respecto a la distribución general de la población. El nor occidente, asiento de los departamentos de Quiché y Huehuetenango, con importantes núcleos indígenas fuertemente vinculados con la agricultura, los tejidos y las artesanías, se cuenta con el 13.5% de la población. En el sur oriente se observa una fuerte especialización, reúne los departamentos de Jutiapa, Jalapa y Santa Rosa, con predominio de campesinos mestizos. En Santa Rosa, fuerte productor de café, una parte de pequeños agricultores de granos básicos trabaja en labores permanentes o estacionales de este rubro, concentrado en grandes propietarios. En los departamentos de Jutiapa y Jalapa se observa más concentración de las familias productoras en granos básicos y ganadería” (Baumeister, 2006, p. 24).

La mayor concentración de agricultores de granos básicos se observa en la región de sur occidente en los departamentos de Sololá y Totonicapán son departamentos marcadamente indígenas y con predominio de pequeños agricultores que, además de producir granos básicos, también producen hortalizas. En el caso de los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Quetzaltenango y Suchitepéquez presentan alta presencia indígena, con pequeños agricultores de granos básicos (Baumeister, 2006). El Cuadro 4 presenta la distribución de productores de granos básicos a nivel nacional.

Cuadro 4. Guatemala: distribución por regiones de la población total y de los productores de granos básicos 2006 (en %)

<b>Regiones</b>	<b>Población</b>	<b>Producción granos básicos</b>	<b>Relación</b>
Metropolitana	22.9	2.5	0.11
Norte	8.9	8.9	1.00
Nororiente	8.3	9.3	1.12
Sur oriente	8.1	12.8	1.58
Central	10.8	9.6	0.89
Sur occidente	24.1	30.1	1.25
Nor occidente	13.5	22.2	1.64
Petén	3.4	4.6	1.35
Total	100	100	1.00

(Baumeister, 2006).

## 2.6 CICLO FENOLOGICO DEL MAIZ

La producción nacional de maíz se realiza a través de diferentes sistemas de producción que involucra épocas de siembra y sistemas de siembra que incluye la práctica de asociar e intercalar con otros cultivos. En relación a la época de siembra, esta varía dependiendo de la altitud de ubicación de la localidad. A nivel nacional el mayor porcentaje de siembra (>80%) se realiza bajo condiciones de temporal y varían según la ubicación de la localidad referente a la altitud sobre el nivel del mar. Generalmente estas siembras se realizan en función del período de lluvia y otras localidades como el Altiplano, las siembras dependen de la humedad residual observada en el suelo. Las zonas maiceras que se encuentren ubicadas abajo de los 1400 msnm realizan siembras entre mayo y junio. Las siembras de segunda se realizan en septiembre. Bajo condiciones del Altiplano (>1500 msnm) se observan diferentes épocas de siembra. En promedio las siembras de primera se realizan entre marzo-abril y siembras de segunda entre abril-mayo. Las siembras bajo condiciones de riego se observa principalmente en la zona del Trópico Bajo y se pueden realizar en cualquier época del año (ICTA, 2002, p. 5).

### **2.6.1 Crecimiento y fases de desarrollo del maíz.**

El comportamiento de la planta de maíz será diferente dependiendo de las zonas agroclimáticas de la zona. La duración de las fases vegetativa, reproductiva y de llenado de grano dependerá del genotipo, temperatura y fotoperíodo.

#### **a) Fase vegetativa**

Inicia con el proceso de germinación de la semilla y las plántulas se establecen; el follaje se expande y se forma la capacidad fotosintética del cultivo, la cual determina la producción de biomasa. La biomasa total producida por el cultivo está relacionada con el tamaño final de la mazorca y en promedio se estima que ésta ocupa el 40% del peso total (Bolaños y Barreto, 1991). Esta relación se conoce como el índice de cosecha (IC).

#### **b) Fase reproductiva**

Es la fase donde se elabora la mazorca y el número de granos por mazorca que constituye la parte que puede. Para el caso del maíz las flores masculinas se producen en la inflorescencia terminal (espiga) y las flores femeninas en las axilas laterales (mazorcas), por lo que existe una distancia entre ambas y el polen debe viajar una corta distancia para fecundar a los estigmas. Dependiendo de la zona en donde el cultivo se está desarrollando, existe un período que va de uno a dos días, entre la emisión del polen y la salida de los estigmas en la floración. La polinización es una fase sensible a los efectos de eventos ambientales como la sequía, que puede afectar negativamente al rendimiento (Bolaños y Edmeades, 1993, a y b).

#### **c) Fase de llenado de grano**

Esta fase comienza inmediatamente después de la polinización y determina el peso final del grano y de la mazorca. El peso del grano está correlacionado con la duración y la cantidad de radiación interceptada durante esta fase, y es afectada por estreses hídricos y nutricionales (Fischer y Palmer, 1984). La fase de llenado está marcada por tres fases: 1) Fase de arresto que puede durar de 10 a 20 días; 2) Fase lineal que es la fase de acumulación de materia seca y tiene una duración



aproximada 35 días para maíces del Trópico bajo; y 3) Fase de acumulación lenta con una duración de 7 a 14 días que concluye con la aparición de la capa negra y madurez fisiológica. Se denomina que el grano está en la etapa de capa negra”, cuando éste cesa de alimentarse de la planta, formándose una capa de color negro que evita la entrada de nutrientes al grano, aspecto que da nombre a esta fase. La madurez fisiológica se alcanza cuando el grano está cerca de los 32-35% de humedad (ICTA, 2002).

## **2.7 SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA**

### **2.7.1 Concepto de Sistema de Alerta Temprana**

Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), un Sistema de Alerta Temprana (SAT) es el conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de se preparan y actúen de forma apropiada las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños (CONRED, 2014).

Los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) están basados en el conocimiento de los diversos factores de riesgo, por lo que puede considerarse como un punto de partida programas de definición de riesgos y evaluación de vulnerabilidades. Los SAT deben permitir la mayor participación ciudadana posible y colaboración de los medios de información (Corrales, 2005).

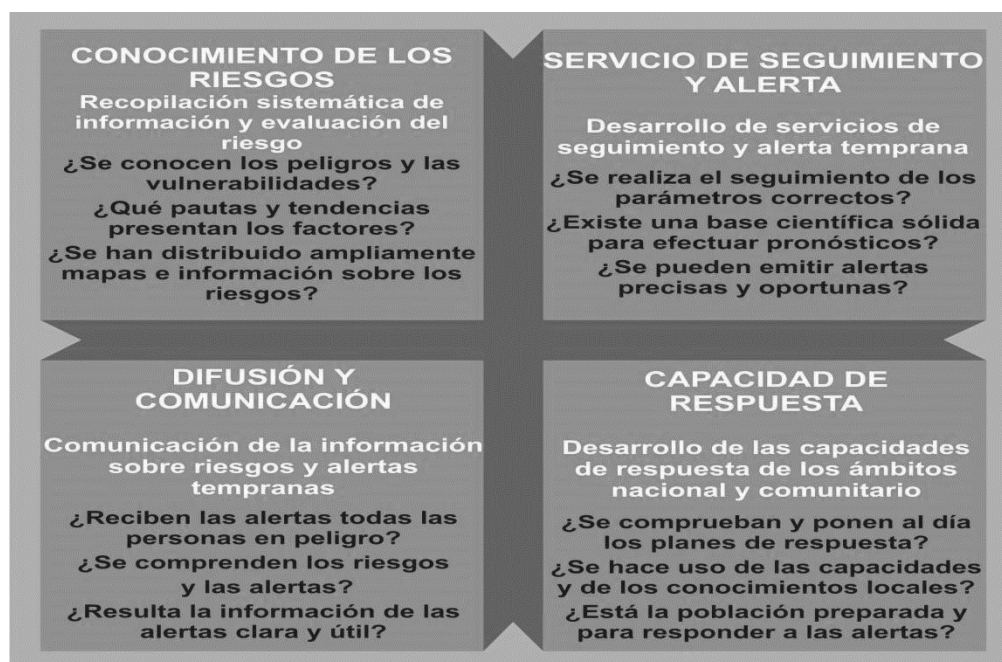
Un sistema de alerta temprana eficaz comprende cuatro componentes interrelacionados, que van desde el conocimiento de los riesgos y las vulnerabilidades hasta la preparación y la capacidad de respuesta. Los sistemas de alerta temprana basados en las mejores prácticas también establecen sólidos vínculos internos y ofrecen canales eficaces de comunicación entre todos estos elementos.

## 2.7.2 Objetivo del Sistema de Alerta Temprana

“El objetivo global de un SAT es aportar información que permita persuadir a personas y organizaciones a tomar acciones que incrementen su seguridad para de este modo reducir muertes heridas y daños causados por la amenaza en relación” (CONRED, 2014).

## 2.7.3 Componentes de un Sistema de Alerta Temprana

“Cuando se habla del diseño e instalación de un Sistema de Alerta Temprana se deben tomar en cuenta los cuatro componentes de los mismos descritos por la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD) que se describen a continuación en la Figura 3” (CONRED, 2014):



(CONRED, 2014)

Figura 3. Cuatro elementos principales de los sistemas de alerta temprana centrados en la población (Plataforma para la Promoción de Alerta Temprana de la EIRD/ONU, s.f).

Una debilidad o fallo en cualquiera de los cuatro componentes mencionados compromete la eficacia e integridad de todo el sistema. Para que los 4 componentes

sean sostenibles a largo plazo, es necesario un fuerte compromiso político y capacidades institucionales duraderas. Éstas, a su vez, dependen de la concientización pública y la apreciación de los beneficios de un SAT efectivo (CONRED, 2014).

Sin embargo, según CONRED (2014) existen otros elementos limitantes que son transversales a los 4 componentes principales, los cuales se mencionan a continuación:

- Compromiso político inadecuado y falta de responsabilidades definidas para el desarrollo integral de los SAT. Falta de marcos legales para SAT, integración débil de problemas de alerta temprana en planes nacionales. Este es el problema más crítico ya que los otros desafíos transversales que se mencionan a continuación dependen del compromiso político (CONRED, 2014, p. 10).
- Inversión insuficiente en capacidades de alerta temprana, especialmente en países en desarrollo (CONRED, 2014, p. 10).
- Coordinación insuficiente entre los actores responsables de alerta temprana, por ejemplo entre los emisores de alerta técnica y las instituciones del gobierno, en todos los niveles, internacional, nacional, y local. (CONRED, 2014, p. 10).
- Falta de enfoques participativos con sobre dependencia en la dirección del gobierno centralizado y limitado involucramiento de la sociedad civil, ONG, y el sector privado (CONRED, 2014, p. 10).
- Identificación e intercambio inadecuado de metodologías y prácticas, así como colaboración interdisciplinaria para estimular capacidades de alerta (CONRED, 2014, p. 10).

#### **2.7.4 Aplicabilidad de Sistemas de Alerta Temprana**

Para pensar en la implementación de sistema de alerta temprana es necesario conocer con suficiente detalle los fenómenos naturales, los socio-naturales y los antropogénicos, así como las posibles señales precursoras pertinentes que

acompañan a cada tipo de fenómeno. Por ejemplo, antes de una inundación es necesario que se presenten fuertes lluvias. En general, la generación de conocimientos en torno a los fenómenos y sus precursores es una actividad que llevan a cabo las diversas instituciones y observatorios de carácter nacional y/o académico (por ejemplo, universidades y centros de investigación).

## **2.8 FACTIBILIDAD TÉCNICA DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA**

### **2.8.1 Estudio de Factibilidad**

“La Teoría de Factibilidad abarca todo lo que tienen que ver con la realización de un proyecto en cuanto a sus puntos básicos. Factibilidad se refiere a la disponibilidad de los recursos necesarios para llevar a cabo los objetivos planteados” (Dino, s.f).

“La Factibilidad se refiere a que un proyecto que se tenga en mente, pueda llevarse a cabo, es decir, pueda materializarse. La factibilidad puede ser clasificada en: operativa, técnica y económica” (Dino, s.f).

Para el caso de la presente investigación aplica únicamente la factibilidad técnica. “La factibilidad técnica está relacionada con encontrar las herramientas, los conocimientos, las habilidades y las experiencias necesarias y suficientes, para hacer que el proyecto sea exitosamente realizado” (Dino, s.f).

El estudio de factibilidad consiste en determinar cuan alcanzables son las posibilidades de éxito para conseguir la solución a un problema o necesidad. Este incluye los objetivos, alcances y restricciones sobre el sistema y un modelo lógico del sistema actual si existiese. Luego de esto se crean posibles soluciones alternativas para el nuevo sistema, a partir de diferentes tipos de factibilidades.

Los tipos de factibilidades básicamente son:

- Factibilidad técnica: si existe o está al alcance la tecnología necesaria para el sistema.
- Factibilidad económica: relación beneficio costo.
- Factibilidad operacional u organizacional: si el sistema puede funcionar en la organización.

Un estudio de factibilidad lleva los siguientes pasos para su realización:

- a) Recopila y sistematiza fuentes primarias de información
- b) Formulación y preparación: Define las características del proyecto y posibles costos o ingresos.
- c) Evaluación: Determina la rentabilidad de un proyecto (Universidad Andina Simón Bolívar, s.f).

Según la Universidad Andina Simón Bolívar el estudio de factibilidad de un proyecto contempla los siguientes estudios:

- a) Estudio de mercado
- b) Ingeniería del proyecto
- c) Evaluación financiera
- d) Evaluación ambiental
- e) Evaluación socio-cultural
- f) Administración y gerencia del proyecto (Dino, s.f).

### **2.8.2 Estudios de Factibilidad de alerta temprana dirigida a pequeños productores**

Algunos antecedentes respecto al tema son el sistema de alerta temprana, implementados en Chile que ha reducido las pérdidas en un 80% a pequeños productores. Uno de los casos más importantes es con el cultivo de la papa. En los años 2006-2007 la enfermedad más común de la papa afectó el 90% de los papales del sur de Chile. Para los años 2009-2010 la enfermedad volvió a aparecer, la clave fue el sistemas de alerta temprana en las mediciones del Sistema Agroclimático FDF-INIA-DMC (Red Agrícola, 2010).

Así mismo la tesis presentada para la comunidad Latacunga realiza un estudio de factibilidad técnica y económica, diseñando y sugiriendo los sistemas necesarios para la constitución de un sistema de alerta temprana, y los costos que tendría para su implementación, con el fin específico de alertar a las comunidades por los efectos del Volcán Cotopaxi (Corrales, 2005).

### **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **3.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA**

En el contexto de la región mesoamericana, Guatemala se encuentra dentro de los países que enfrentará mayores problemas a causa del cambio climático. Entre los principales cambios se señala el aumento de la temperatura, alta variabilidad climática, mayores precipitaciones y la intensificación del ciclo hidrológico (IARNA, 2010).

En los últimos años, las pérdidas sociales, incluyendo pérdidas de vidas, propiedad, acceso a servicios básicos relacionadas con eventos climáticos, desde el año 1998 hasta 2010, oscila entre 1.4 y 4.5 millones de personas afectadas con los impactos. Para el caso de pérdidas económicas entre los años de 1998 a 2010, ocurrieron diversos eventos climáticos extremos entre ellos los más significativos como el Huracán Mitch con una pérdida del 4.1% del PIB, y la sequía de 2009 con una pérdida de 469.9 millones de quetzales. Las pérdidas para el sector agropecuario por la Tormenta Stan, fueron de 77.7 millones de dólares y la sequía de 2001 de 12.3 millones (CEPAL, CCAD, DFID, 2010).

El sector agropecuario es uno de los sectores más vulnerables ante las amenazas climáticas. Este, representa un fragmento muy importante para la economía de Guatemala; por ejemplo, para el 2008 el PIB agropecuario representó más del 13% del PIB total y si se incluye la agroindustria la cifra aumenta casi al 21%. La producción agrícola es la actividad económica que absorbe la mayor cantidad de fuerza de trabajo de acuerdo con las estimaciones con el 32% de la población nacional (INE, 2012). La agricultura representa el 11% del PIB según los datos del Banco Mundial, además es la fuente principal laboral del país.

Actualmente, los suelos para agricultura por ser utilizados intensivamente han venido degradándose, ante el fenómeno de cambio climático donde la tendencia según los escenarios es mayores sequías y precipitaciones de mayor intensidad, agudizando el problema de la producción de maíz, no sólo para pequeños

agricultores que se estima que son alrededor de 750,000 sino también para exportadores. Por lo que la variabilidad climática es algo a considerar en el futuro de todos los cultivos de riego en Guatemala.

Para la agricultura de riego específicamente, como opción de adaptación; el recurso hídrico en el país es suficiente en algunas zonas actualmente, pero muy poco está disponible para su utilización y únicamente se aprovecha el 3%. El área regada es de alrededor de 129,000 hectáreas lo que representa solo el 4% de su potencial (CEPAL, CCAD, DFID, 2010).

A partir de la problemática planteada es necesario desarrollar un sistema de alerta temprana para orientar la toma de decisiones y capacidad de respuesta ante los eventos climático extremos.

Un sistema de alerta temprana conocido como SAT, son un conjunto de procedimientos e instrumentos, a través del cual se monitorea una amenaza o evento adverso (natural o antrópico) de carácter previsible, se recolectan y procesan datos e información, ofreciendo pronósticos o predicciones temporales sobre su acción y posibles efectos. Es fundamental, ya que contribuyen, efectivamente, a prevenir y anticipar con cierta certeza algún fenómeno climático, evitando la pérdida de vidas y disminuyendo el impacto económico y material en las poblaciones vulnerables y afectadas por eventos destructivos (UNESCO, s.f). Posee cuatro componentes básicos, delimitados por la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres: a) Conocimiento de los riesgos, b) servicio de seguimiento y alerta, c) difusión y comunicación, d) desarrollo de capacidad de respuesta.(CONRED, 2014).

Actualmente no se cuenta a nivel nacional con una SAT para pequeños productores. La presente investigación proveerá los elementos básicos para un sistema de alerta temprana utilizando como unidades de análisis los agricultores productores de maíz del departamento de Chimaltenango. Para esto es necesario estudiar el comportamiento del clima en general en las zonas de vida bh-MBT y bh-PMT, ubicadas en el departamento de Chimaltenango. Estas son las que abarcan casi por completo al departamento además son unidades climáticas uniformes que

proporcionan información climática aplicable en cualquier territorio donde se encuentra dicha zona de vida, independientemente de la división geopolítica de un territorio. Posteriormente es necesario identificar como los eventos climáticos extremos reportados, han afectado la producción de maíz en las comunidades y como ha sido la respuesta de las mismas ante estas. Esto permitiría dar las bases para la propuesta de un sistema de alerta temprana como respuesta ante la necesidad de adaptación al cambio climático.



## **IV. OBJETIVOS**

### **4.1 OBJETIVO GENERAL**

Generar elementos técnicos para análisis y monitoreo del clima y el cambio climático, para proponer un sistema de alerta temprana en apoyo a pequeños productores de maíz.

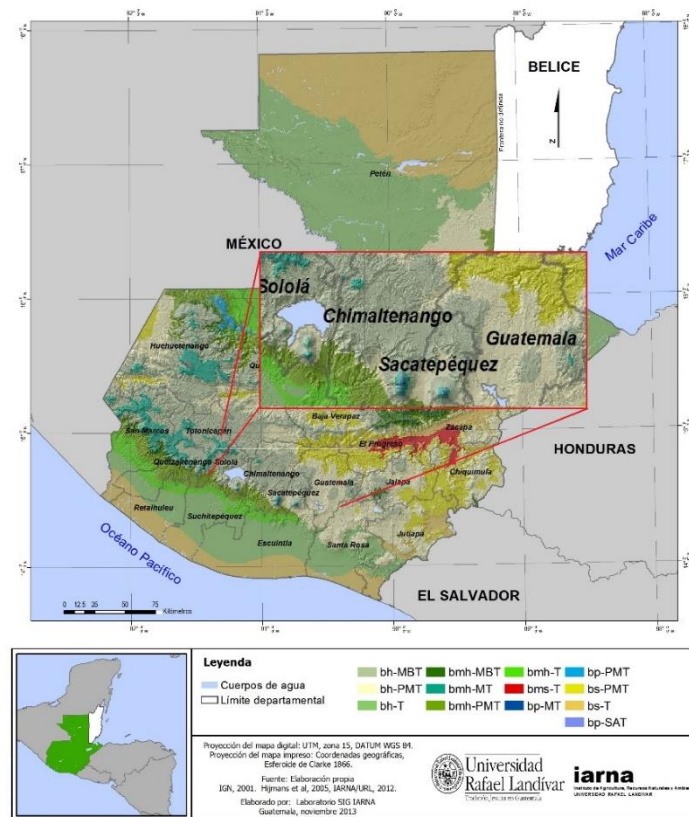
### **4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar el comportamiento de las variables climáticas precipitación y temperatura de las zonas de vida Bosque húmedo premontano Tropical, Bosque húmedo montano bajo en los últimos 70 años.
- Determinar los efectos de eventos climáticos extremos en la producción de maíz.
- Proponer un Sistema de Alerta Temprana de apoyo a productores de maíz de las comunidades del departamento de Chimaltenango.
- Analizar la factibilidad técnica de un Sistema de Alerta Temprana como medida ante los eventos climáticos extremos, orientada a pequeños productores de maíz en el departamento de Chimaltenango.

## VI. METODOLOGÍA

### 6.1 AMBIENTE

El lugar seleccionado para la realización del presente trabajo de investigación es el departamento de Chimaltenango, con las siguientes coordenadas: 14°39'20" Latitud 90°49'20" Longitud, ubicado a 1800 msnm donde se encuentran las siguientes zonas de vida: Bosque Húmedo Premontano Tropical (bh-PMT) y Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical (bh-MBT). En la Figura 4 se muestran las zonas de vida bh-PMT y bh-MBT del departamento de Chimaltenango donde se realizó el estudio.



(IARNA, 2012)

Figura 4. Mapa de Zonas de Vida del Departamento de Chimaltenango (IARNA, 2012)

## **6.2 SUJETOS Y UNIDADES DE ANÁLISIS**

Los sujetos del estudio son los pequeños productores de maíz ubicados en las zonas de vida: Bosque húmedo premontano Tropical y Bosque húmedo montano bajo Tropical en el departamento de Chimaltenango.

## **6.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

Investigación de tipo Descriptiva. Ya que no se realizaron experimentos en campo.

## **6.4 INSTRUMENTO**

- Programa Excel, para análisis de correlación.
- Herramienta: Entrevista validada para los agricultores en campo (Ver anexo 11.3)
- Programa Visio, para elaboración de diagramas.

## **6.5 DESARROLLO METODOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **6.5.1 Metodología para análisis del clima en las zonas de vida bh-MBT y bh-PMT.**

Para la presente investigación se determinó a estudiar el comportamiento de las variables temperatura y precipitación en un período de 70 años. Ya que estas tienen influencia directa en el desarrollo del cultivo en sus diferentes fases de crecimiento.

Para la realización del análisis se escogieron las zonas de vida bh-MBT y bh-PMT del departamento, ya que son las que poseen mayor cobertura en mismo y son unidades climáticas uniformes. Las zonas de vida establecen como variables climáticas la precipitación, temperatura y evapotranspiración, las cuales a través del registro de las estaciones climáticas muestran un patrón de comportamiento durante un período de tiempo establecido, en este caso 70 años. Estas variables son utilizadas para crear escenarios de cambio climático. Las variables precipitación y temperatura tienen un comportamiento similar independientemente a la delimitación política de un país. Es por eso que si bien las estaciones meteorológicas de las

cuales se tomó la información para el análisis climático, no se encuentran dentro del departamento las zonas de vida son las mismas y por lo tanto el comportamiento de sus variables es similar.

Se trabajó con las estaciones meteorológicas Labor Ovalle e INSIVUMEH, ubicadas en Quetzaltenango (14° 52' 12" N y 91° 30' 50" O ) y Ciudad de Guatemala (14° 35' 11" N y 90° 31' 58" O ) respectivamente. La estación Labor Ovalle se encuentra en la zona de vida bh-MBT. La estación INSIVUMEH se encuentra en la zona de vida bh-PMT.

Para en análisis se tomó como base el estudio de Barrera (2015), el cual estudia la evolución de variables climáticas a través del tiempo entre ellos temperatura y precipitación. Y si estas efectivamente muestran una variabilidad en el tiempo respecto a los rangos normales establecidos.

Se recopiló la información de precipitación anual, temperatura máxima y mínima anual. Seguidamente se sacó el valor promedio de cada variable de cada zona de vida. La información fue presentada en gráficas de líneas de Excel, para observar el comportamiento de las variables en un período de tiempo de 70 años, en comparación al promedio.

Finalmente se analizó la variabilidad de precipitación y temperatura a lo largo del tiempo, para verificar si efectivamente está ocurriendo un cambio climático.

### **6.5.2 Metodología para análisis de efecto en la producción de maíz por eventos climáticos extremos.**

Con el fin de dar un sustento a la propuesta de un sistema de Alerta Temprana. Posterior a evidenciar que existe un cambio climático en las zonas de vida del departamento de Chimaltenango, se determinó como los eventos climáticos extremos afectan la producción y rendimiento de maíz de las comunidades.

En primer lugar se realizó un análisis estadístico entre variables climáticas y de producción del cultivo a nivel nacional y departamental.

La variable climática seleccionada fue la precipitación, debido a que la presencia o no de la misma determina el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz. Se seleccionó la precipitación promedio anual. Para esto se recopilaron los registros de las estaciones climáticas del INSIVUMEH a nivel nacional reportadas (Un total de 46 estaciones meteorológicas) y a nivel específico departamental la cual fue la estación San Martín Jilotepeque. ( $14^{\circ}46'43''$  N y  $90^{\circ}47'19''$ O). Se recopiló información del período de 1991- 2013 (23 años), el cual es un rango de tiempo mínimo para realizar análisis de información climática.

Posteriormente se recopiló información sobre producción, rendimiento y área cultivada anual a nivel nacional y departamental del cultivo de maíz. Las fuentes utilizadas fueron AGRO en CIFRAS, FAOSTAT, INE y CEPAL. Debido a las falta de registros continuo se realizó un promedio de los datos de las variables área cultivada y rendimiento, para tener la información más confiables posible. Esto fue realizado para los datos a nivel nacional.

Para los datos a nivel departamental la producción anual departamental se basó en los porcentajes de producción por departamento designados por la base de datos AGRO en cifras del MAGA. El cual para el departamento de Chimaltenango es del 4% de la producción nacional. Finalmente debido a la falta de información solo se pudo obtener el rendimiento del año 2010 del departamento de Chimaltenango, en base al mapa uso de la tierra del MAGA 2010.

Luego de recopilar la información, se realizó un ejercicio de correlación estadística simple entre la variable climática y variables agroclimáticas.

El modelo de correlación estadística simple consiste en la correlación con una única variable independiente. El coeficiente de correlación de Pearson establece como valores absolutos 0 y 1. Un coeficiente de correlación se dice que es significativo si se puede afirmar, con una cierta probabilidad, que es diferente de cero. Entre más cercano se encuentre el valor a 1 mayor será la relación entre ambas variables. Este puede ser en relación perfecta positiva si cuando una variable aumenta la otra también o una relación perfecta negativa si cuando uno aumenta la otra disminuye.

En este caso en primer lugar se realizó la correlación entre: Precipitación anual nacional con rendimiento anual nacional

Posteriormente se realizó la correlación entre: Precipitación anual departamental con producción anual departamental

Se trabajó con la función coeficiente de correlación de Excel en ambos casos. Este toma los datos de ambas variables y las correlaciones. Al no haber un grado de correlación significativo se procedió a realizar un sondeo en campo.

Para la consulta en campo se realizó una boleta de entrevista, basada en el estudio de ASECSA e IARNA. La entrevista se realizó con el contacto de ASECSA, quienes trabajan con comunidades en riesgo y pobreza en el departamento de Chimaltenango. Se convocó a 10 agricultores por comunidad durante dos días. Las comunidades fueron Pachay las Lomas (Municipio de San Matín Jilotepeque) y Payá (San Juan Comalapa). La primera se encontraba en la zona de vida bh-MBT y la segunda en la zona de vida bh-PMT.

La boleta de entrevista pretendió abarcar principalmente los siguientes temas:

- a) Ciclo fenológico del maíz: en ambos territorios, con el fin de validar el modelo teórico y tener una línea base en un año climático normal.

Para la definición del ciclo fenológico se consideraron las siguientes fases:

- Fase de germinación
- Fase vegetativa: Establecimiento de las plántulas, expansión del follaje y la capacidad fotosintética del cultivo
- Fase reproductiva: Es la fase donde se elabora la mazorca y el número de granos por mazorca. Para el caso del maíz las flores masculinas se producen en la inflorescencia terminal (espiga) y las flores femeninas en las axilas laterales (mazorcas), por lo que existe una distancia entre ambas y el polen debe viajar una corta distancia para fecundar a los estigmas. Dependiendo de la zona en donde el cultivo se está desarrollando, existe un período que va de uno a dos días, entre la emisión del polen y la salida de los estigmas en la floración.

- Fase de Llenado de Grano o Cosecha: Esta fase comienza inmediatamente después de la polinización y determina el peso final del grano y de la mazorca. El peso del grano está correlacionado con la duración y la cantidad de radiación interceptada durante esta fase, y es afectada por estrés hídricos y nutricionales (Fischer y Palmer, 1984).
- b) Producción y rendimiento del cultivo de maíz en año climático normal, con anegamiento de suelos y déficit hídrico.
  - c) Pérdidas de producción en un tiempo estimado
  - d) Afecciones del maíz por anegamiento de suelo en base al año húmedo 2010: Para conocer los impactos a nivel de las fases del ciclo fenológico y la acciones tomadas por los agricultores.
  - e) Afecciones del maíz por sequía en base al año seco 2014: Para conocer los impactos a nivel de las fases del fenológico y las acciones tomadas por los agricultores.
  - f) Respuesta de los agricultores ante eventos climáticos extremos con respecto a sus cultivos.

Durante las entrevista se validó en primer lugar el ciclo fenológico planteado en la boleta de entrevista. Posteriormente se evaluaron los efectos de años con eventos climáticos extremos (anegamiento de suelos y déficit hídrico), según las experiencias y percepciones de los agricultores. Se escogieron los años 2010 para anegamiento de suelos y 2014 para déficit hídrico ya que por ser recientes la información recordada por los agricultores es más precisa.

Posterior a obtener la información en campo se procedió a la presentación de los resultados de la información recopilada en campo. En primer lugar se presentó el ciclo fenológico del maíz unificado de ambas comunidades ya que si bien se encuentran en diferentes zonas de vida son similares. Seguidamente se presentó la producción y rendimientos en un año climático normal, con anegamiento de suelos y déficit hídrico. Se realizó un análisis comparativo de los rendimientos en los tres años, para determinar el grado de significancia de eventos climáticos extremos e n

el cultivo de maíz. Se procedió a determinar los tiempos en que ocurren las pérdidas del cultivo. Para finalizar con los efectos del clima en cada fase del ciclo fenológico del maíz observados por los agricultores.

Se presentó en los resultados de la presente investigación, la información consultada en campo en primer lugar la producción y rendimiento en un año climático normal (definido como el año donde las condiciones climáticas permitió un desarrollo óptimo del cultivo) y en eventos climáticos extremos 2010 y 2014. Para esto se basó en la información proporcionada por los agricultores de área cultivada y producción. La información fue presentada con la herramienta de gráficas de barras, donde se indicó el porcentaje de agricultores que tuvieron una producción rendimientos determinados. Finalmente se presentó la comparación entre los rendimientos de año climático normal, con anegamiento de suelos y déficit hídrico, según el porcentaje de disminución del mismo.

Para determinar el porcentaje de pérdidas durante el tiempo, se clasificó el porcentaje de pérdida de producción por pentadas (5 días consecutivos de anegamiento de suelos o déficit hídrico). Estos datos permitieron elaborar el sistema de emisión de alerta (uno de los 4 componentes del sistema de alerta temprana). Ya que plantea tiempos estimados de inicios de pérdidas hasta pérdidas totales de producción del cultivo. Estos tiempos aplican para las fases fenológicas: vegetativa, reproducción y cosecha.

Para determinar los efectos del clima, se clasificaron los efectos de las variables de anegamiento de suelos o déficit hídrico en cada una de las fases del ciclo fenológico del cultivo percibidas por los agricultores. Para esto se interpolaron las opiniones de los agricultores de las dos comunidades ya que los resultados eran similares.

### **6.5.3 Metodología para determinar capacidad de respuesta de los agricultores de las comunidades Payá y Pachay las Lomas**

Para determinar la capacidad de respuesta se procedió a consultar a los agricultores, algunas acciones de adaptación, previamente delimitadas en la boleta y otras planteadas por ellos. Posteriormente la información fue presentada en



gráficas de Excel donde se expone la cantidad de agricultores que realizan prácticas de adaptación en respuesta al cambio climático.

#### **6.5.4 Metodología para propuesta de Sistema de Alerta Temprana**

El diseño y propuesta del sistema de alerta temprana se hizo con base en los estudios de CONRED “Sistemas de Alerta temprana y Manual para el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana de inundaciones en cuencas menores de la Organización de Estados Americanos”. Los cuales plantean los siguientes componentes para que el sistema de alerta sea funcional:

- a) Conocimiento del Riesgo: Para este componente se realizaron los análisis previamente explicados. Los cuales son el conocimiento de que existe un cambio climático que está afectando y afectara a mediano y largo plazo las zonas de vida del departamento. El conocimiento a través del sondeo en campo, de que efectivamente existen eventos climáticos extremos que han afectado el cultivo de maíz, observado por los agricultores en las últimas décadas y que tienen un impacto directo en su producción y rendimiento.
- b) Emisión de Alerta y Monitoreo: La definición de la alerta, se realizó con base la metodología de la investigación: “Manual para el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana de inundaciones en cuencas menores de la Organización de Estados Americanos”, la cual plantea tres niveles: el aviso, alarma y alerta.

Para el diseño de la emisión de la alerta, se requirió de la determinación de una variable o indicador en base a una fuente confiable de información para cada nivel de alerta. Para esto se basó en la información climática brindada por instituciones globales que monitorean el clima como NOAA y las estaciones climáticas a nivel departamental que en este caso sería la estación de INSIVUMEH (San Martín Jilotepeque) y de IARNA (Estación Tecpan). La definición de los indicadores se hizo con base en los datos proporcionados por las instituciones antes mencionada en interpolación con la brindada por los agricultores en campo.

Para la definición de los niveles de alerta se tomó en cuenta en primer lugar los tiempos que requeriría la emisión de las alertas. Para esto se fundamentó en los tiempos de pérdidas consultadas en campo (pentadas), esto con el objetivo de poder prevenir y tomar acciones preventivas o de emergencia en caso de un evento climático extremo potencial que pudiera afectar la producción de maíz.

Se dividió las alertas en: amarilla (aviso, significa estar atentos), naranja (alerta, indica inicio de acciones preventiva), roja (atención de la emergencia). Basado en los indicadores o variables, a cada alerta se le asignó un nivel de riesgo detonante. Este nivel de riesgo puede ser acumulado, al sobrepasar su nivel pasa a ser el siguiente nivel de alerta o bien podría saltarse niveles de alerta.

Para la presente investigación se dividió la emisión de alerta en dos etapas:

-Mediano Plazo: El cual se divide en aviso (verde), aviso (amarillo), alarma (naranja), donde se les asigna un nivel de riesgo 1, y su objetivo principal es el conocimiento de las potenciales amenazas y solicitud de puesta en práctica de medidas preventivas. En un tiempo definido de 6 meses a 1 semana. Las variables propuestas son basadas en las fuentes generadoras de información de eventos climáticos extremos. (Ver acápite 7.4.2)

-Corto Plazo: Tiene como objetivo alertar a los agricultores una vez iniciado la potencial amenaza o evento con el fin de reducir la pérdidas en el cultivo de maíz al mínimo, y de ocurrir un daño mayor, dar paso al inicio de protocolos. Diseñado de 1 semana a 1 día. Se divide en monitoreo (verde), aviso (amarillo), naranja (alerta), rojo (atención de la emergencia). Para el sistema de alerta de corto plazo, se definieron las variables detonantes de aviso, alerta o atención de emergencia, en base a la recolección empírica de campo y consulta documental, el cual es definido por la potencial pérdida del cultivo de maíz según días continuos de anegamiento de suelos o de déficit hídrico.

Finalmente se propuso un sistema de monitoreo para los eventos de anegamiento de agua y déficit hídrico, donde se determina el flujo de la información desde la

recopilación y análisis de información hasta la emisión de la alerta, donde se propone la emisión de un boletín informativo (Ver Anexo 11.4) unificador de la información, de las condiciones climáticas y eventos próximos. El cual deberá ser transmitido a los tomadores de decisiones, descritos posteriormente en el acápite 7.4.3.

- c) Comunicación: En este se identificaron y plantearon los actores necesarios para que la información sobre la alerta llegue desde los que generan la información hasta tomadores de decisiones y agricultores. Se planteó la conformación de un comité de riesgo agroclimático que reciban la información científica reportada por instituciones que monitorean el clima (INSIVUMEH, NOAA, etc.) a través de una boleta (ver anexo 11.) y posteriormente este comité transmita esta información y alertas a los agricultores. Así como la toma de acciones y decisiones durante las alertas.

Se plantearon algunos canales de comunicación que pudieron observarse en funcionamiento en las comunidades para que la información llegara hasta los agricultores

- d) Capacidad de Respuesta: Se plantearon algunas acciones recopiladas de la información de experiencias en campo por los agricultores y consulta documental. Para esto se dividieron en acciones preventivas (cuando el sistema de emisión de alerta es a mediano plazo) y durante emergencia (cuando el sistema de alerta es en cortoplazo) para instituciones y agricultores. Esto en coherencia con el sistema de emisión de alerta que plantean en ciertas alertas la toma de acciones preventivas como de protocolo ante emergencia.

#### **6.5.4 Metodología para determinar la factibilidad del SAT**

Para determinar la factibilidad técnica del SAT, se tomaron en cuenta cuatro aspectos: Operacional, Tecnológico, Organizacional y de Comunicación. Para esto se determinó el estado actual de dichos componentes y se plantea como podría ser si el sistema de alerta se implementara. Cabe aclarar que solo se analizó la factibilidad técnica la cual se refiere a si existe la tecnología disponible. Así como también la factibilidad operacional y organizacional, tal como se describe en los antecedentes del capítulo 2. No así la factibilidad financiera ya que no es objetivo del presente estudio.

## VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 7.1 ANÁLISIS DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS DE LAS ZONAS DE VIDA bh-MBT y bh-PMT.

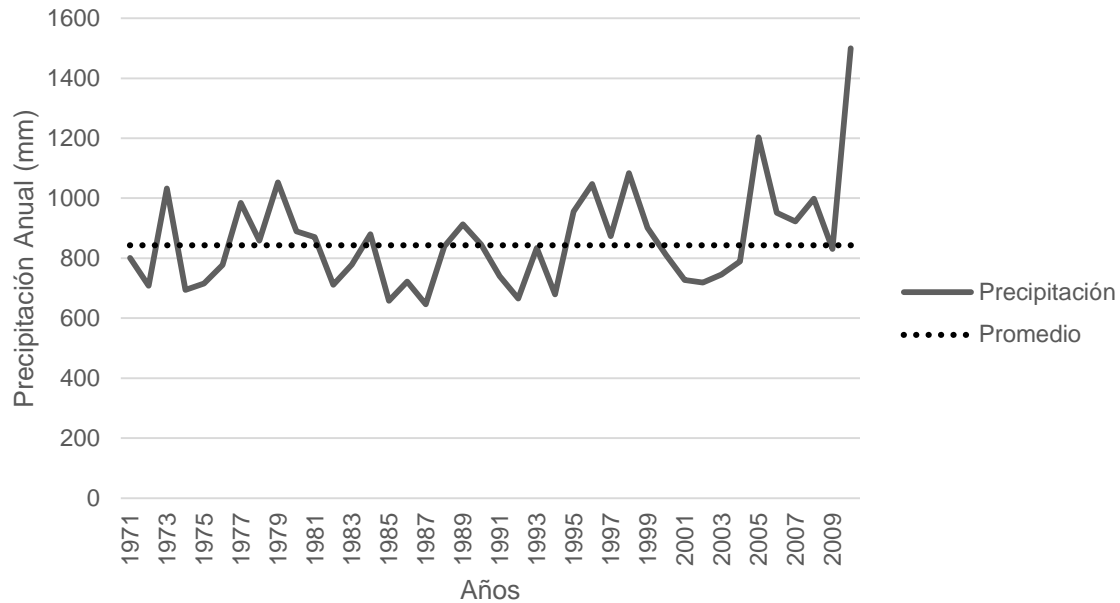
A continuación se definen las siguientes variables agroclimáticas en las zonas de vida Bosque Húmedo Montano Bajo y Bosque Húmedo premontano Tropical. Estas dos zonas de vida se eligieron ya que son las que tienen mayor cobertura del departamento de Chimaltenango y son las que tienen influencia directa en el cultivo de maíz, ya que indican su fluctuación a lo largo del tiempo por el cambio climático, así como escenarios esperados.

#### 7.1.1 Bosque Húmedo Montano Bajo Tropical

Esta zona de vida se caracteriza por condiciones climáticas como precipitación anual entre 901 y 3,000 mm y temperatura promedio anual entre los 10 y 20°C (Iarana-URL, 2014)

##### a) Precipitación:

A continuación se presentan el comportamiento de la precipitación anual desde 1970 hasta 2013 para la zona de vida bh-MBT de la estación climática Labor Ovalle.



(Barrera, 2015)

Figura 5. Precipitación anual de 1970-2003 de la estación Labor Ovalle, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo.

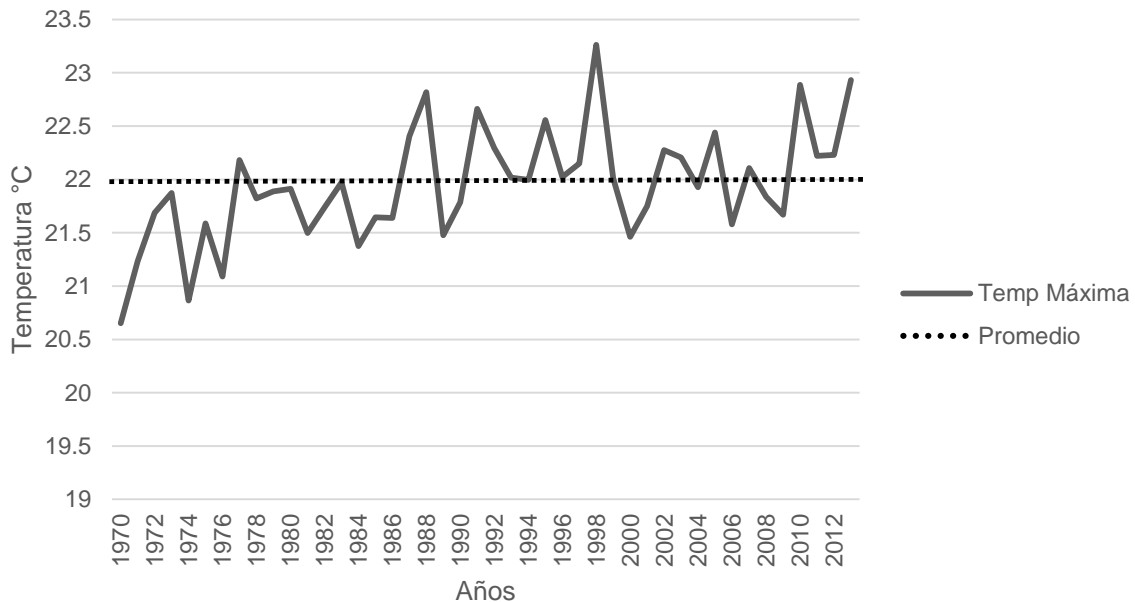
De acuerdo a los resultados obtenidos por Barrera (2015), la precipitación ha tenido variabilidad, donde, a partir de 1995 los valores de precipitación han tenido mayor distanciamiento del promedio general que es de (847 mm), alcanzando valores hasta de 1,100, 1,200 y 1,500 en los años 1998, 2005 y 2010 respectivamente. Y mínimas de 670mm en 1985 y 650mm en 1987.

En cuanto a la precipitación promedio en días húmedos ha incrementados pero no significativamente con un máximo de 11mm/días en 1998, siendo este el año donde han registrado los mayores valores del período analizado (1970-2013)

Según las proyecciones, se espera una intensificación del ciclo hidrológico, es decir un una alta variabilidad interanual y estacional de la precipitación. Esto trae como consecuencia el aumento de eventos climáticos extremos (sequías, tormentas, etc.). Con los anteriores escenarios, el bosque húmedo es de las zonas que más afectadas se verá con una reducción del 50% de la misma (IARNA-URL, 2014).

b) Temperatura Máxima

A continuación se presentan el comportamiento de la temperatura máxima desde 1970 hasta 2013 para la zona de vida bh-MBT.



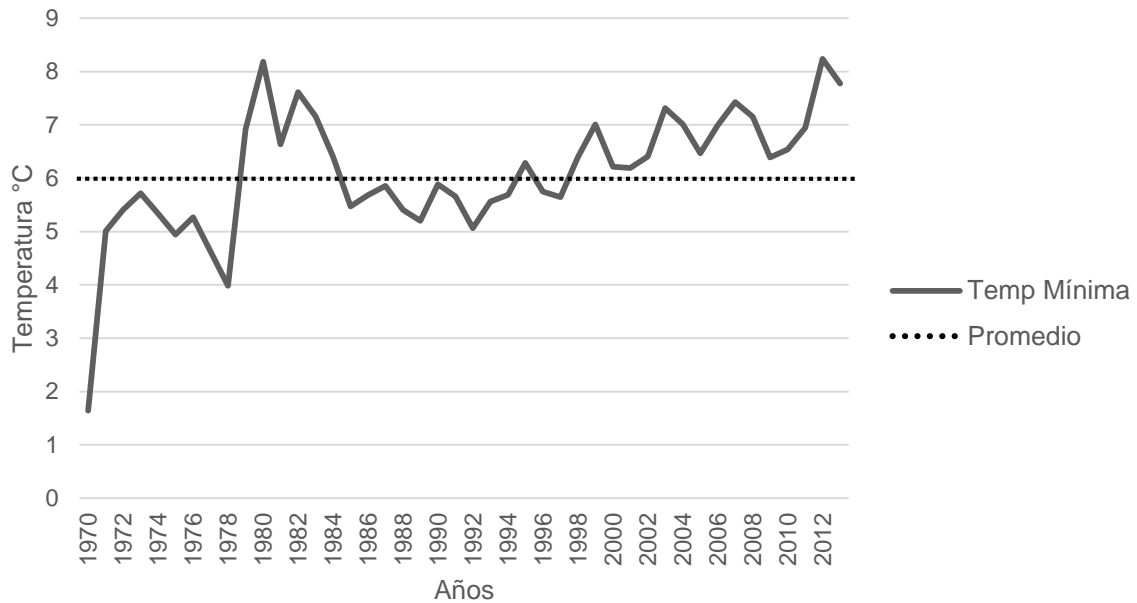
(Barrera, 2015)

Figura 6. Temperatura Máxima registrada de 1970-2013 de la estación Labor Ovalle, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo.

De 1970-2015 la temperatura máxima ha experimentado variaciones notables, a partir de 1987 la mayor parte de años registrados presentaron temperaturas por encima de los 22°C, cuando el rango promedio es de 10 y 20°C según IARNA-URL, 2014.

c) Temperatura mínima

A continuación se presentan el comportamiento de la temperatura mínima desde 1970 hasta 2013 para la zona de vida bh-MBT



(Barrera, 2015)

Figura 7. Temperatura Mínima registrada de 1970-2013 de la estación Labor Ovalle, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Montano Bajo.

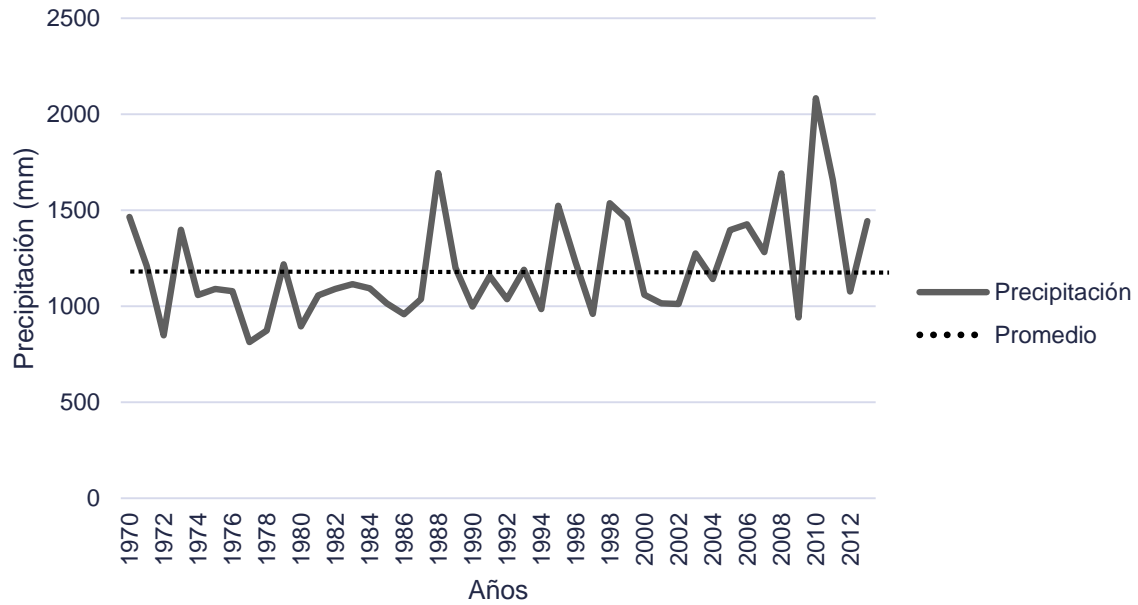
En cuanto a la temperatura mínima según Barrera 2015, ha mostrado una variabilidad interdecadal, ya que de 1970 a 1979 se encontraba un rango de 2° y 6°C, de 1985 a 1995 se encontraba entre 5-6°C y a partir de 1997 llegó a un rango de 5.5 a 8°C.

### 7.1.2 Bosque Húmedo Premontano Tropical

La zona de vida bh-PMT, caracterizada por tener una precipitación anual entre 837 y 3,125 mm y temperatura promedio anual entre los 15.6 y 26.3° C (IARNA-URL, 2014).

- a) Precipitación: A continuación se presentan el comportamiento de la precipitación desde 1970 hasta 2013 para la zona de vida bh-PMT





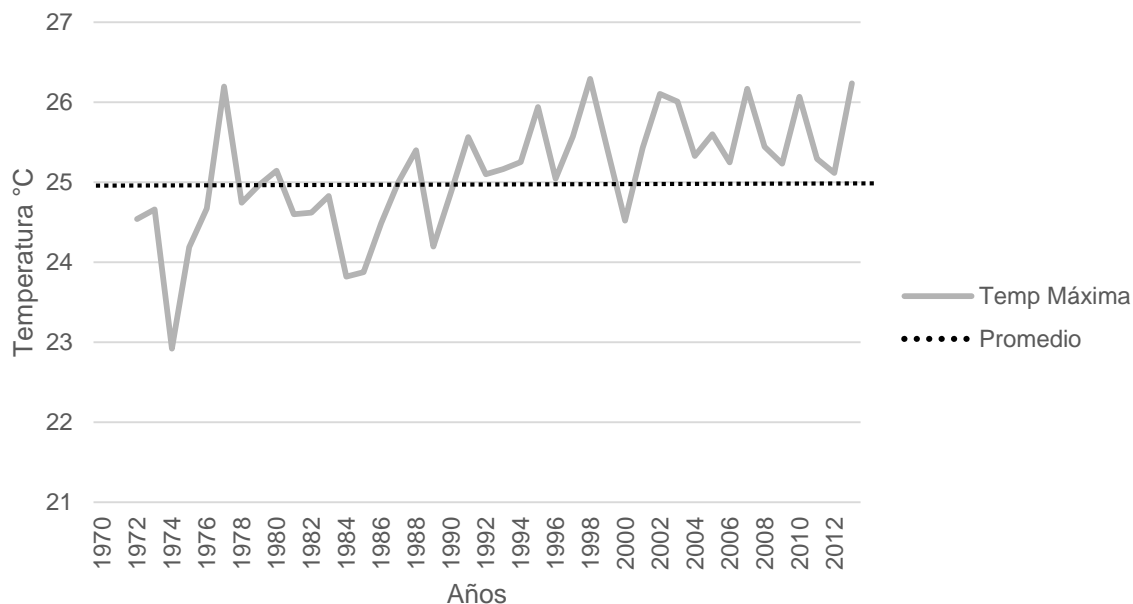
(Barrera, 2015)

Figura 8. Precipitación anual registrada de 1970-2013 de la estación INSIVUMEH, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo premontano Tropical.

Se observó que la mayor parte de años de 1970-2013, se encuentra debajo de los 1,200 mm de precipitación, pero a partir de 2005 ha habido un incremento que sobrepasa los 1,300 mm. La precipitación promedio en días húmedos ha tenido un aumento significativo, teniendo valores extremos de 1,700 y 2,100 mm en 1998 y 2010 respectivamente.

a) Temperatura Máxima

A continuación se presentan el comportamiento de la temperatura máxima desde 1970 hasta 2013 para la zona de vida bh-PMT



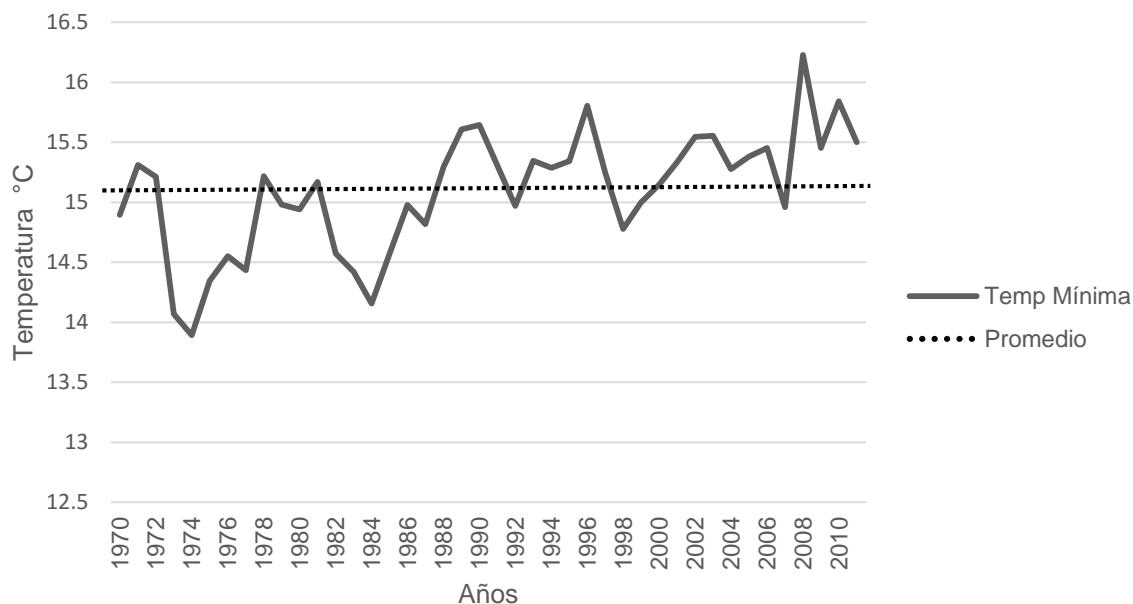
(Barrera, 2015)

Figura 9. Temperatura Máxima registrada de 1970-2013 de la estación INSIVUMEH, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo premontano Tropical.

La temperatura máxima presentó mucha variabilidad, concluyendo que ha ocurrido el aumento de 1°C del período de 1970-2013. Aun así los valores no sobrepasan el rango promedio de 26.3°C según IARNA-URL, 2014.

#### b) Temperatura Mínima

A continuación se presentan el comportamiento de la temperatura máxima desde 1970 hasta 2013 para la zona de vida bh-PMT



(Barrera, 2015)

Figura 10. Temperatura Mínima registrada de 1970-2013 de la estación INSIVUMEH, ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo premontano Tropical.

Respecto a la temperatura mínima también se observó variabilidad, de 1972 a 1990 la mayoría de temperaturas registradas se encuentran debajo del promedio de 15.1 °C. Se concluye que la temperatura mínima ha aumentado 1°C, sin embargo sigue encontrándose dentro de los rangos normales (Barrera, 2015).

Como se puede observar en ambas zonas de vida la intensificación del ciclo hidrológico es evidente. Así como la tendencia al aumento de temperatura durante las últimas décadas aun encontrándose dentro de los rangos normales. Existen fluctuaciones considerables a lo largo del tiempo que afectan directamente las actividades humanas como la agricultura. Este cambio climático cada vez es más notable no solo a nivel de región sino a nivel mundial.

## 7.2 ANÁLISIS DEL EFECTO DE EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN CHIMALTENANGO.

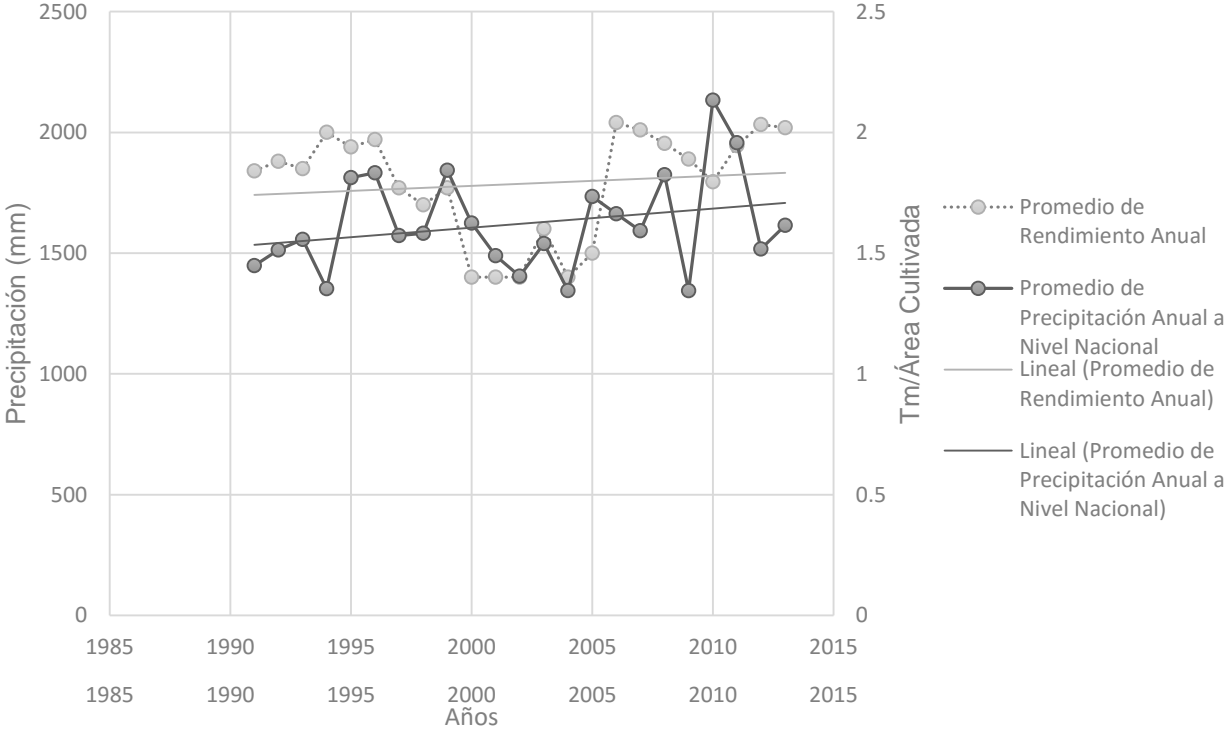
Los siguientes resultados, han sido obtenidos de la recopilación de información tanto climática a través del INSIVUMEH y en el caso de las variables agrícolas: área

cultivada, producción y rendimiento se han obtenido de información del MAGA, CEPAL y FAOSTAT.

Con el fin de investigar el grado de afección de la precipitación anual sobre el rendimiento anual del cultivo de maíz, se recopiló información desde el año 1991 hasta 2014, para el cual se realizó un análisis de correlación.

El Cuadro 1 presenta las variables de promedio de área cultivada, promedio de producción anual, promedio de rendimiento anual, y precipitación promedio anual, desde el año 1991 hasta 2013.

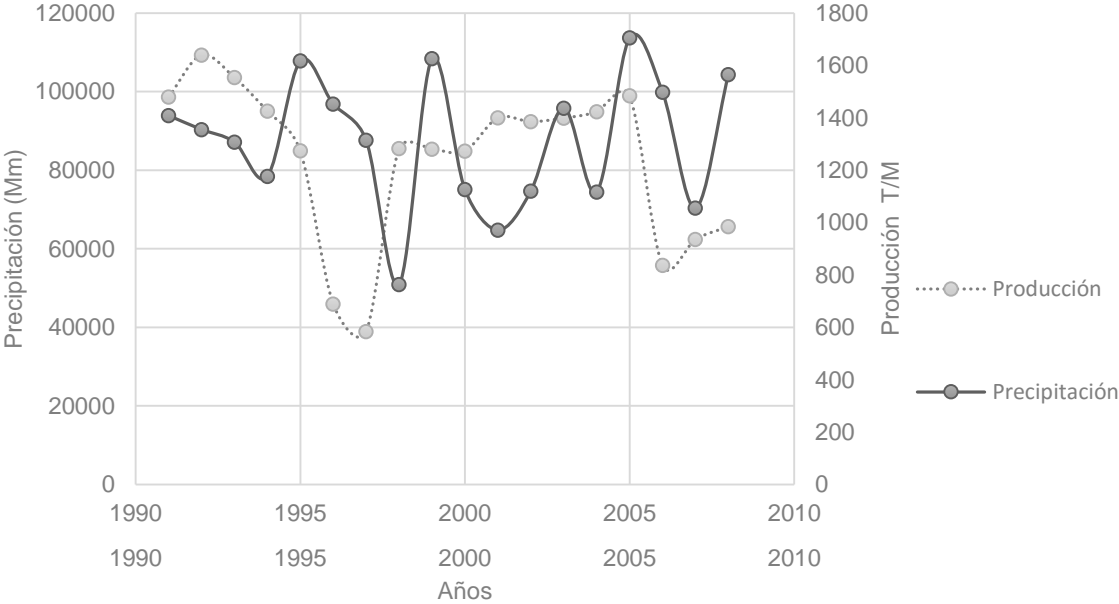
En la Figura 12 se observa una baja correlación entre las variables de rendimiento anual y precipitación anual, el rendimiento no se ha visto determinado por los cambios en precipitaciones a lo largo de los últimos 25 años.



(Elaboración Propia)

Figura 11. Relación rendimiento anual y precipitación anual a nivel nacional

Estadísticamente no existe una correlación entre el rendimiento y la precipitación a nivel nacional en los últimos 23 años. Se utilizó la función de coeficiente de correlación de Excel. El análisis de correlación da un R de 0.2426 entre ambas variables. Para que exista una alta significancia en la relación entre las variables el valor debe acercarse al valor absoluto de 1, lo cual en este caso no ocurre, por lo que no hay una relación significativa entre ambas variables. Es necesario señalar que los datos de rendimiento no fueron de una única fuente ya que el MAGA no posee un registro continuo sobre estos datos tanto en área cultivada, producción y rendimiento. Se utilizaron otras fuentes bases como FAOSTAT y CEPAL para sacar un promedio de datos de producción, rendimiento y área cultivada. Esta falta de información concisa pudo haber afectado la correlación de variables.



(Elaboración Propia)

Figura 12. Relación precipitación vs producción anual en el departamento de Chimaltenango.

Posteriormente en la Figura 2 se trató de correlacionar la precipitación anual de Chimaltenango con la producción anual dentro del mismo, donde la correlación no fue significativa, con un R de -0.1027, la cual tampoco se acerca al valor de 1 absoluto. Esto pudo ser influenciado por la falta de información. No hay un registro

continuo de los datos de producción a nivel nacional desde 1990, para obtener dicha información se basó en el porcentaje de producción designado por el documento de Agro en cifras al departamento de Chimaltenango, mucho menos a nivel departamental, además la información de precipitación por parte del INSIVUMEH, está incompleta a excepción de algunos años, hasta el año 2008, luego no se tienen registros.

Sin una base de datos adecuada y confiable se dificulta observar los cambios en los últimos 25 años en relación al maíz. Por lo tanto también la planificación y análisis de posibles medidas para mitigar pérdidas de maíz por eventos climáticos extremos. Seguidamente el único dato de rendimiento que se pudo obtener fue en base al mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra del MAGA de 2010, que proporciona la cobertura cultivada de granos básicos, el cual fue de 2.50 Tn/ha, arriba del promedio de rendimiento nacional de 1.75 Tn/ha.

A pesar de no existir una correlación entre la precipitación, (variable agroclimática determinante para el cultivo de maíz) y el rendimiento y producción existe evidencia de estudios realizados antes mencionados, sobre los cambios presenciados a lo largo de las últimas décadas por eventos climáticos extremos los cuales son evidente, como los casos Mitch, sequía de 2001, etc.

Estos cambios continuarán y es una tendencia que afectará directamente los ciclos fenológicos de cultivos de sobrevivencia, medios de vidas de numerosas familias dependientes directas de la agricultura. Según estudios de IARNA (2011), los escenarios de cambio climático se dividen en corto (año 2020) y mediano plazo (año 2050) se prevén sequías severas y una intensificación del ciclo hidrológico y retraso en el inicio de la estación lluviosa.

Con el fin de tener un panorama global se utilizaron los datos a nivel nacional, además de obtener mayor información del mismo, esto permitiría comparar y observar que tanto se ha visto afectado el departamento de Chimaltenango en comparación del impacto nacional pero debido a la poca información concisa y confiable esto pudo realizarse.

Con el conocimiento de que si han existido eventos climáticos extremos que ha afectado el cultivo de maíz en las últimas décadas, los cuales han sido reportados por diferentes medios. Tales son los casos de la sequía de 2009 en el cual se reportó una pérdida del 55% del cultivo de maíz en el corredor seco de Guatemala (Acción por el Hambre, 2010) y el caso de la tormenta Agatha 2010 donde unas “53,297 familias asentadas en 66 municipios y 10 departamentos del país sufrieron la pérdida de los cultivos de frijol y maíz que en conjunto se estiman en Q.83, 578, 8 miles” (Universidad de San Carlos de Guatemala, 2013). Se creyó pertinente comprobar si efectivamente había un impacto en la agricultura por eventos climático extremos, con un levantamiento de información a nivel comunitario en los municipios San Martín Jilotepeque (Comunidad Pachay las Lomas) y San Juan Comalapa (Comunidad Payá) del departamento de Chimaltenango, para el cual se presentan los siguientes resultados de la fase de campo.

#### **7.2.1 Percepción de los efectos del cambio climático en el cultivo de maíz por parte de los agricultores de las comunidades Payá y Pachay las Lomas del departamento de Chimaltenango.**

Los resultados presentados a continuación se derivan de las entrevistas realizadas a los agricultores de las comunidades Pachay las Lomas y Payá del departamento de Chimaltenango.

Como primer resultado de la fase de campo se presenta la validación del ciclo fenológico del cultivo de maíz, el cual para ambas comunidades fue similar y pudo unificarse para consolidar un único ciclo fenológico representativo.

- Definición del ciclo fenológico para la comunidad de Payá (San Matín Jilotepeque) y Pachay las Lomas (San Juan Comalapa) en Chimaltenango.

Cuadro 5. Ciclo Fenológico Teórico validado en campo de las Comunidades Pachay y Payá de Chimaltenango.

<b>Ciclo Fenológico: Año climático normal</b>																						
<b>Mes</b>	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero										
<b>Fase</b>				Siembra	Vegetativa			Reproducción		Cosecha												
<b>Semanas</b>																						
<b>Requerimientos Hídricos</b>	Umbral mínimo de 150mm.				300mm			200mm			200mm											
<b>Temperatura</b>	Un promedio de 18°. En sus fases específicas para germinación (Temp mín 10°C y max de 40°C, óptima de 20-25°C. En crecimiento (Temperatura mín de 15°C y máx de 40°C, óptima de 20 a 30°C) y finalmente en floración (Temperatura Mín 20°C y máx de 20°C, óptima de 21-30°C).																					

Fuente: Elaboración Propia.

(Laffite, 2000) (ICTA, 2002).



Como puede apreciarse en la Cuadro 5 en un año climático normal (definido como un año donde las precipitaciones fueron constante en los períodos conocidos de lluvia, permitiendo un desarrollo normal del cultivo) Se inicia con la siembra el 15 de mayo aproximadamente y se esperan cosechas a partir de noviembre hasta enero.

El maíz exige un clima relativamente cálido y agua en cantidades adecuadas. Con una temperatura promedio de 18-20°C (MAG, 2009). En un estado normal los requerimientos hídricos varían entre 200mm a 300mm en el altiplano de Guatemala.

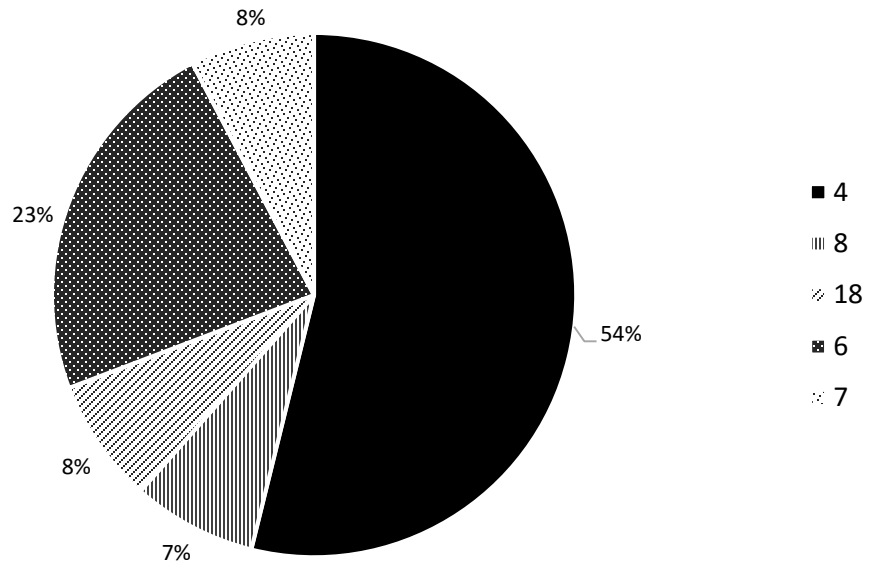
Según, los escenarios, ambas zonas de vida previamente presentadas. Se espera que las precipitaciones disminuyan y temperaturas varíen, por lo tanto el ciclo hidrológico se modificaría, iniciando más tarde, con canículas más prolongadas.

Probablemente se atrasaría la siembra. No se conoce como podrían modificarse las demás fases del ciclo fenológico si esta se acortaría o no. Si la tendencia es el incremento de temperatura entonces el ciclo podría acortarse como sucede en regiones más cálidas. Así como modificar el mismo desarrollo del cultivo ya existe evidencia que crece menos durante la fase vegetativa o resultan mazorcas de menor tamaño.

#### **7.2.1.1 Producción y rendimiento de maíz en años climático normal, con anegamiento de suelos y déficit hídrico.**

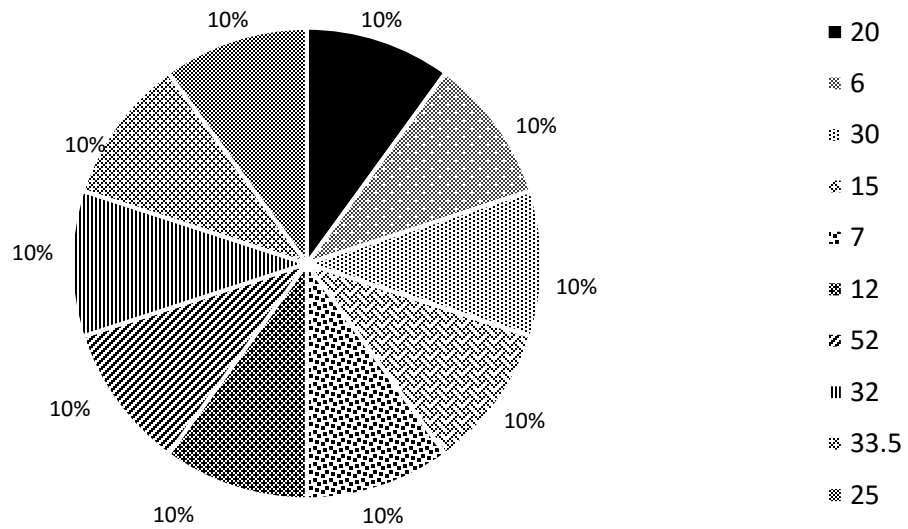
a) Producción y rendimiento en año climático normal de las comunidades Payá y Pachay las Lomas.

A continuación se presenta los resultados de producción y rendimiento en un año climático normal basado en las entrevistas realizadas a los agricultores de las comunidades Pachay las Lomas y Payá. Se entrevistaron un total de 22 agricultores. Los cuales tuvieron una producción total de 232.5 qq., y 79 qq., respectivamente. (Ver anexos 20, 21, 22 y23)



(Elaboración Propia)

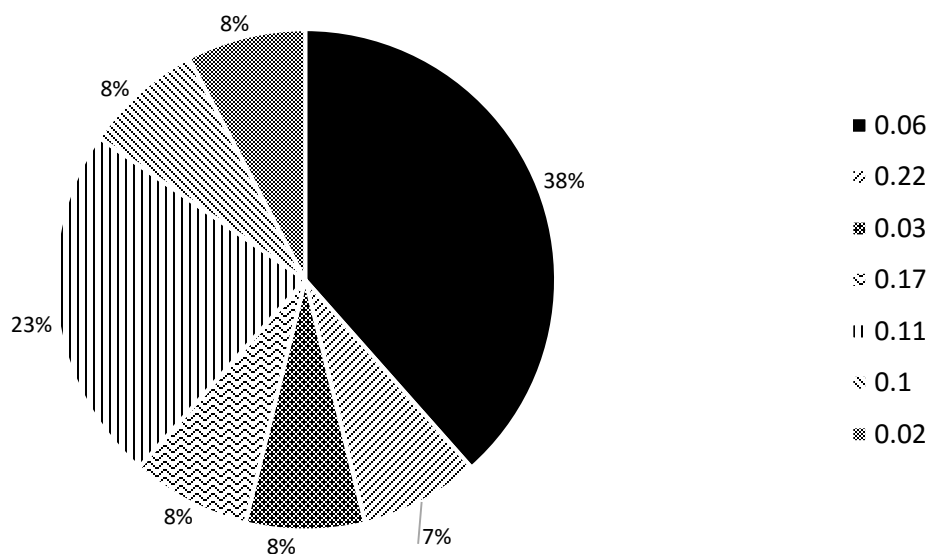
Figura 13. Porcentaje de agricultores y su producción de maíz en la comunidad Pachay las Lomas en un año climático normal.



(Elaboración Propia)

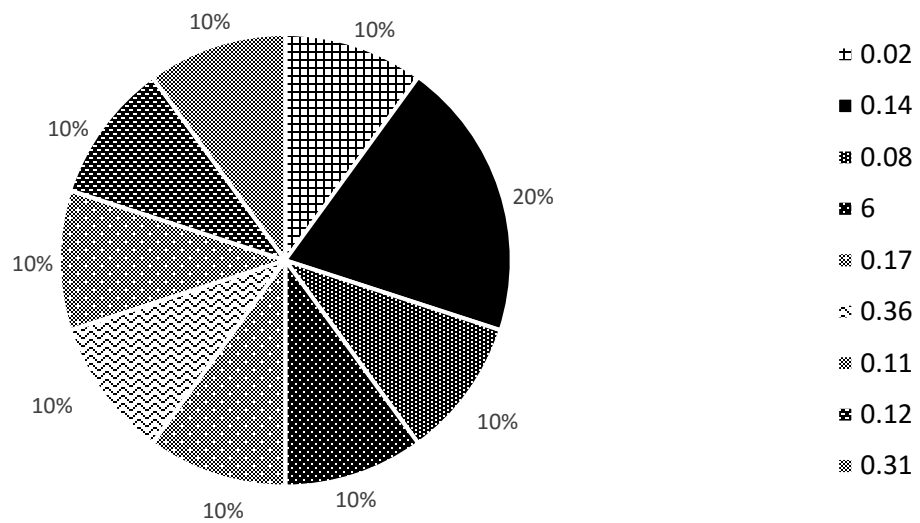
Figura 14. Porcentaje de agricultores y su producción de maíz en la comunidad Payá en un año climático normal.

Como puede observarse en las figuras 18 y 19 la producción en ambas comunidades fue diferente entre cada agricultor consultado, relacionado mucho con su área de cultivo (ver anexo 11.4). La producción no baja de 4 qq. en la comunidad Pachay las Lomas y 9 qq. en la comunidad Payá. Se obtuvo un promedio de producción entre ambas comunidades de 13.4 qq. Esta producción se encuentra en un contexto donde las condiciones climáticas fueron las adecuadas para el desarrollo del cultivo.



(Elaboración Propia)

Figura 15. Porcentaje de agricultores y su rendimiento de maíz en la comunidad Pachay las Lomas, en un año climático normal.



(Elaboración Propia)

Figura 16. Porcentaje de agricultores y su rendimiento de maíz en la comunidad Payá, en un año climático normal.

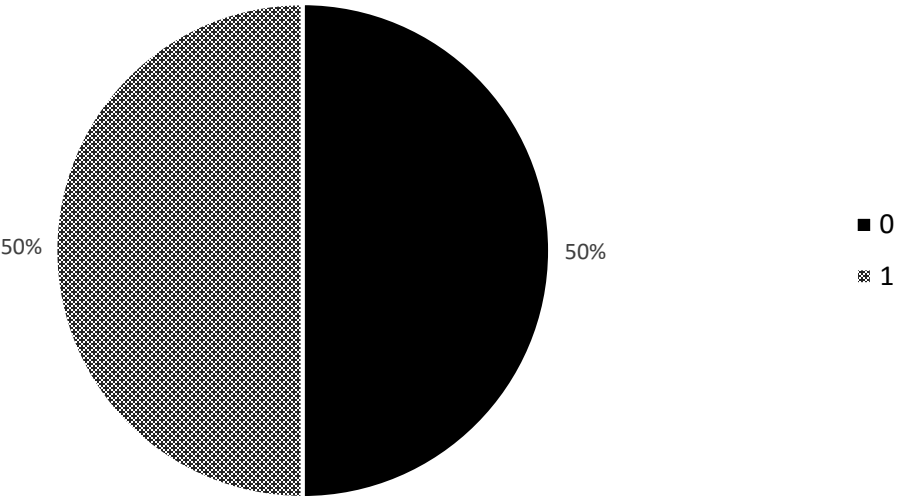
Como puede observarse en las figuras 20 y 21 el rendimiento en ambas comunidades fue diferente entre cada agricultor consultado, relacionado mucho con su área de cultivo (ver anexo 11.4). El rendimiento no baja de 0.03 qq/ha. en la comunidad Pachay las Lomas y 0.08 qq./ha En la comunidad Payá. Se obtuvo un promedio de rendimiento entre ambas comunidades de 8.58 qq./ ha En general la producción es muy baja en comparación al rendimiento a nivel departamental para el año 2010 de 2.50 Tn/ha.

a) Producción y rendimiento en año climático con evento extremo (anegamiento de suelos) de las comunidades Payá y Pachay las Lomas. Basado en el año 2010.

Para el año 2010, una depresión tropical propició las condiciones para un fuerte temporal iniciando el 25 de mayo, con una precipitación de 100 a 200mm en 24 horas, que luego se convierte en la tormenta tropical Aghata. Posteriormente esta se desplaza, al nordeste del país llegando a la meseta central con precipitaciones de 100mm a 426 mm. En septiembre del mismo se favorece las condiciones para

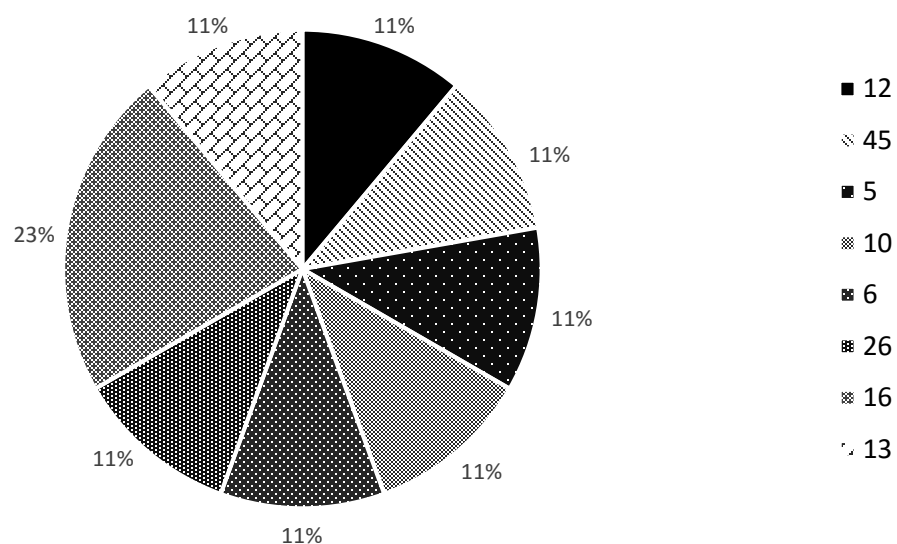
una Onda del Este. Ocurre posteriormente la tormenta tropical 11-E, ambas generan altas precipitaciones. El posicionamiento y acercamiento de la zona de convergencia intertropical favoreció la formación de vaguadas, finalmente se registraron el paso de 8 ondas tropicales (INSIVUMEH, 2010).

Esta serie de fenómenos provocaron serios impactos a nivel nacional, ocurrieron pérdidas de vidas humanas, infraestructurales y de los distintos medios de vida de los campesinos, incluyendo el cultivo de maíz, donde su ciclo fenológico se vio afectado por el acortamiento de la canícula de Julio que generalmente es de 10 días y se redujo a 4 días (INSIVUMEH, 2010). A continuación se presentan el porcentaje de agricultores respecto a su producción y rendimiento. Para 2010 obtuvieron una producción total de 4qq (comunidad Pachay las Lomas) y 149 qq



(Elaboración Propia)

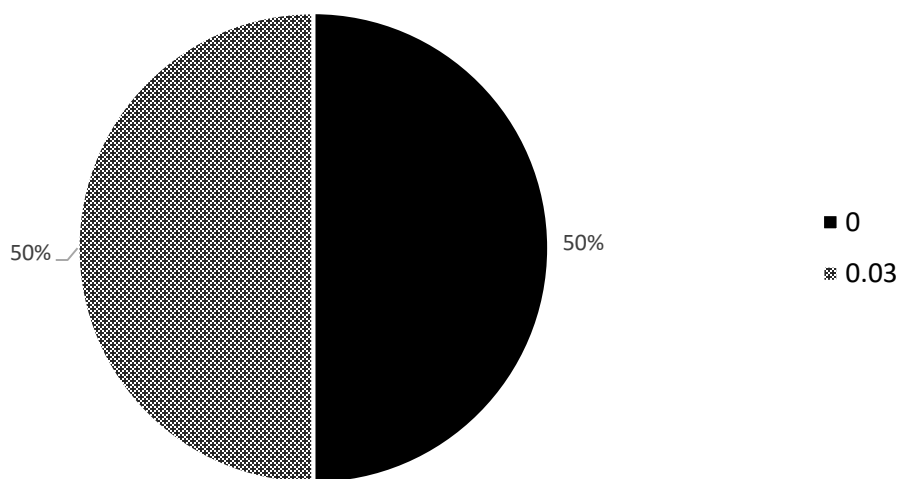
Figura 17. Porcentaje de agricultores y su producción de maíz en la comunidad Pachay las Lomas, en año con anegamiento de suelos, tomando de base el año 2010.



(Elaboración Propia)

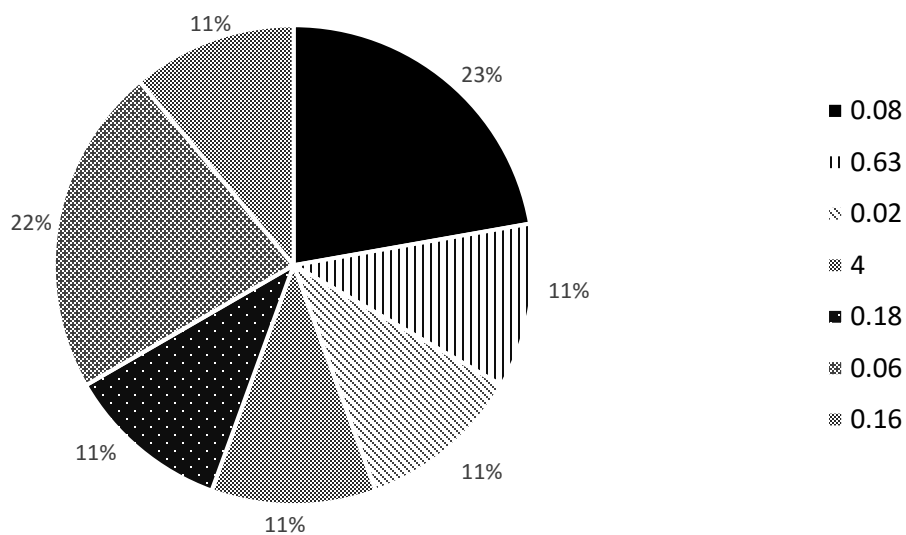
Figura 18. Porcentaje de agricultores y su Producción de maíz en la comunidad Payá, en año con anegamiento de suelos, tomando de base el año 2010.

Para el año 2010 el 50 % de los agricultores entrevistados de la comunidad Pachay las Lomas no tuvieron producción, lo perdieron todo debido a las excesivas precipitaciones que se presentaron dicho año. En el caso de los agricultores de Payá la producción no subió de los 55qq. Entre ambas comunidades hubo una producción promedio de 9 qq. A continuación se presentan el porcentaje de agricultores respecto a su producción y rendimiento. Para 2010 obtuvieron una producción total de 4qq (comunidad Pachay las Lomas) y 149 qq (Comunidad Payá). (Ver anexos 24, 25, 26 y 27).



(Elaboración Propia)

Figura 19. Porcentaje de agricultores y su rendimiento de maíz en la comunidad Pachay las Lomas, en año con anegamiento de suelos, tomando de base el año 2010.



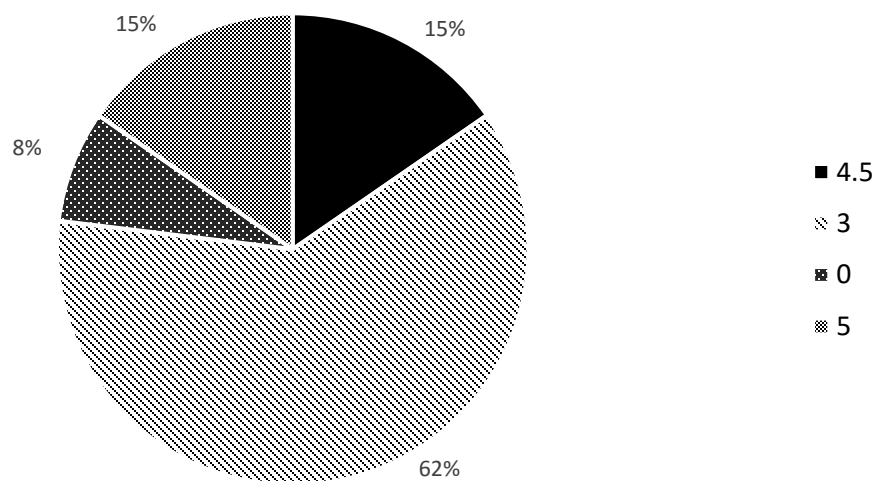
(Elaboración Propia)

Figura 20. Porcentaje de agricultores y su rendimiento de maíz en la comunidad Payá, en año con anegamiento de suelos, tomando de base el año 2010.

En las figuras 22 y 23 se muestra el comportamiento de los rendimientos de las comunidades. Para el año 2010 el 50% de los agricultores de la comunidad Pachay las Lomas no tuvieron producción. El 50% restante tuvo un rendimiento de 0.03 qq./ha. En el caso de los agricultores de Payá el rendimiento fue un poco mayor. Tuvieron un rendimiento mínimo del 0.03 qq./ha. Entre ambas comunidades hubo un rendimiento promedio de 5.36 qq./ha.

b) Producción y rendimiento en año climático con evento extremo (sequía) de las comunidades Payá y Pachay las Lomas. Basado en el año 2010

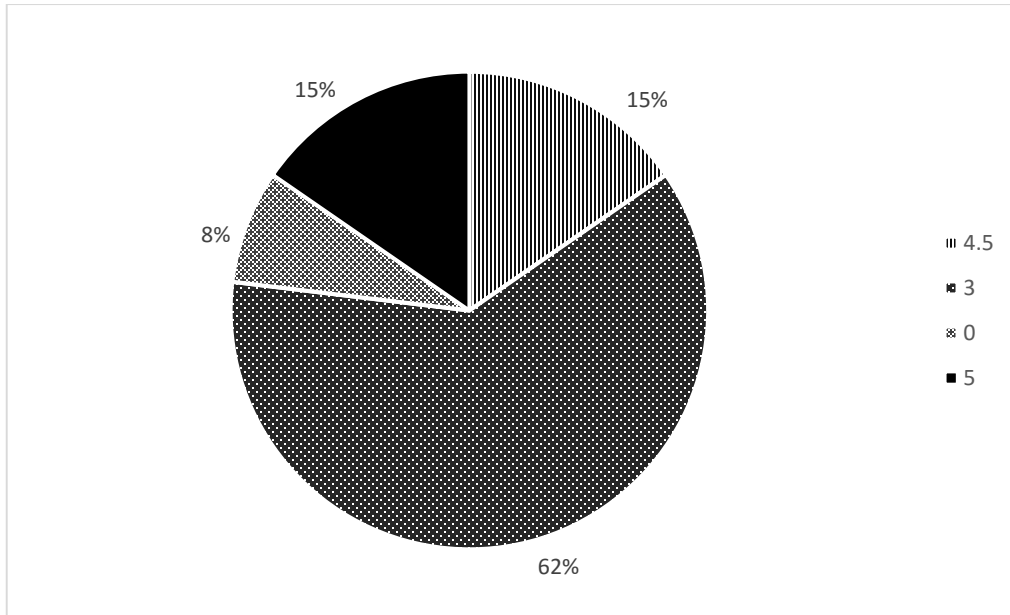
El año 2014 fue determinado como año pre-niño, donde según MAGA (2014). Se presenció una canícula extensa durante el mes de julio que provocó un déficit de lluvia, en las regiones del nororiente y meseta central del país. Afectó principalmente en la fase reproductiva donde la milpa da su fruto. Fueron 978 áreas afectadas a nivel nacional. Para el año 2014 obtuvieron una producción total 155 qq. (Comunidad Pachay las Lomas) y 44qq (Comunidad Payá). (Ver anexos 28, 29, 30 y 31)



(Elaboración Propia)

Figura 21. Porcentaje de agricultores y su producción de maíz en la comunidad Payá, en año con déficit hídrico, tomando de base el año 2014.

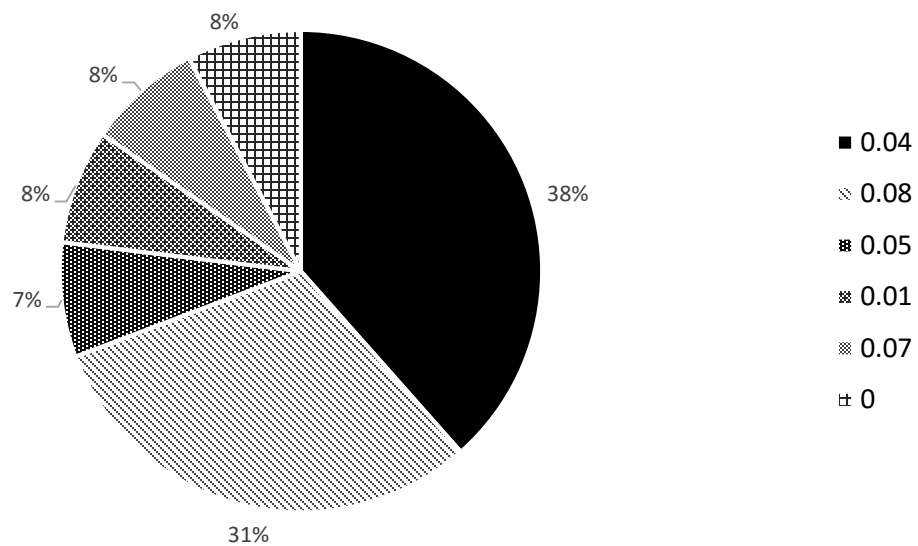




(Elaboración Propia)

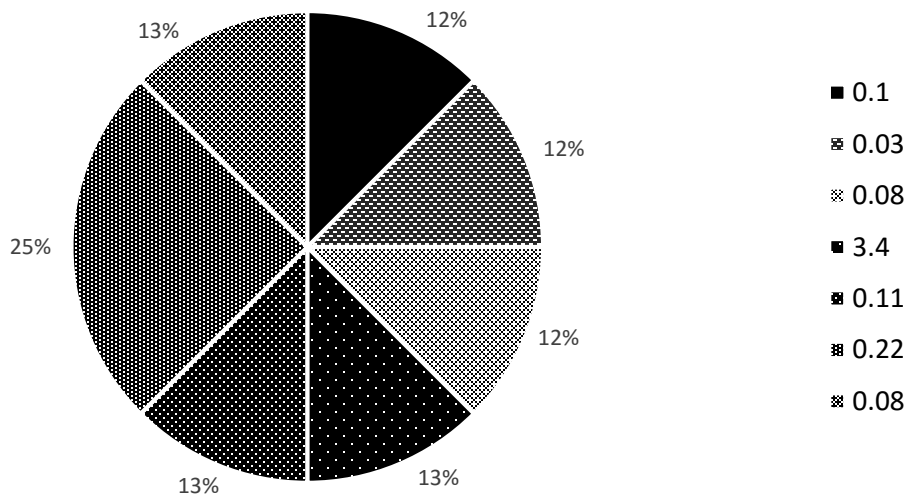
Figura 22. Porcentaje de agricultores y su producción de maíz en la comunidad Pachay las Lomas, en año con déficit hídrico, tomando de base el año 2014.

En el año 2014, caracterizado por haber déficit hídrico en algunas regiones del país. El 62% de los agricultores de la comunidad Pachay las Lomas obtuvo una producción de 3 qq. Los agricultores de la comunidad Payá obtuvieron diferentes producciones alguno expresaron tener capacidad de riego por lo que pudieron sacar su producción adelante. El promedio de producción entre las dos comunidades fue de 9 qq.



(Elaboración Propia)

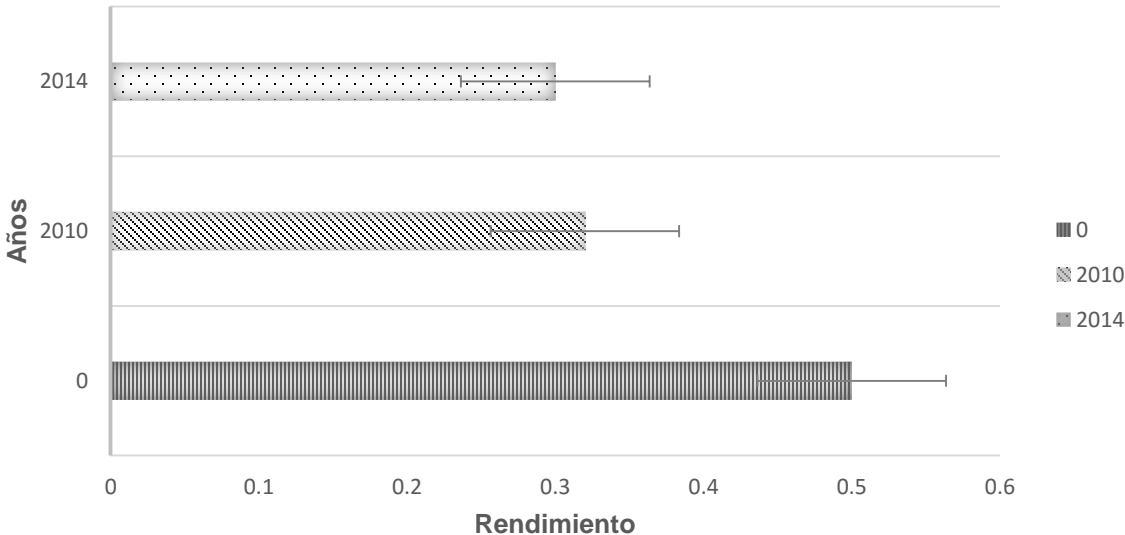
Figura 23. Porcentaje de agricultores y su rendimiento de maíz en la comunidad Payá, en año con sequía, tomando de base el año 2014.



(Elaboración Propia)

Figura 24. Porcentaje de agricultores y su rendimiento de maíz en la comunidad Pachay las Lomas, en año con déficit hídrico, tomando de base el año 2014.

En el año 2014. La mayor parte de los agricultores de la comunidad Pachay las Lomas obtuvo una rendimiento de 0.05 qq./ ha. Los agricultores de la comunidad Payá obtuvieron diferentes rendimientos sin embargo no llego a 1qq./ha. En promedio entre ambas comunidades se obtuvo un rendimiento de 5.08 qq./ha.



(Elaboración Propia)

Figura 25. Comparación de rendimiento en comunidades Pachay y Payá (Chimaltenango), de los años 2010, 2014 y año climático normal.

Como se puede observar en la Figura 5. En comparación al año base, hay una reducción del rendimiento de un poco más del 40% en rendimiento tanto para el año 2010 como 2014. Esto se traduce en una pérdida significativa del medio de vida de estas comunidades, y una creciente crisis alimentaria, ya que al no existir la cosecha esperada los agricultores deben consumir pero a la vez guardar semillas para el próximo año. Provoca una disminución de la resiliencia de las comunidades en su agricultura ante eventos climáticos extremos

Origina al mismo tiempo la dependencia a los insumos agrícolas con semillas mejoradas las cuales no siempre se adecuan a las necesidades de las regiones. También la dependencia a fertilizantes químicos y herbicidas que contaminan suelos y agua, los cuales significa un costo para las familias y no tienen más que

como principal medio de vida el maíz, generando pobreza en la zona y un futuro incierto para estas familias. Así mismo la diversificación económica es muy baja en la zona, algunos agricultores entrevistados no tenían terrenos propios, otros trabajan en la tala de árboles y otros emigran.

En los tres escenarios se pueden observar que en un año climático normal la producción es casi el doble en comparación a cuando ocurren eventos climáticos extremos. En el caso del año húmedo 2010 la tormenta Agatha fue la más mortal desde 1997 que ocurrió el Huracán Paulina. Se acumuló además la tormenta 12-E. En 2014 fue considerado como año pre-niño siendo el corredor seco el más afectado. Pero impactando a nivel nacional con una reducción de la precipitación. Si bien debe considerarse que la resiliencia ha bajado en las comunidades por factores como la pobreza, aumento de la población, etc. La frecuencia de eventos climáticos como una de las consecuencias del cambio climático es evidente tal como se muestra en el análisis climático de 70 años efectivamente hay un aumento de la precipitación en las zona de vida bh-MBT el año 2010, fue el que alcanzo más precipitación promedio anual con 1500mm casi el doble del promedio para esa zona de vida el cual es de 847 mm y para la zona de vida bh-PMT el año 2010 presentó 2100 mm cuando el rango promedio es de 1200mm, así mismo, está la contraparte de precipitaciones mínimas como el caso de sequía de 2009 donde la precipitación estuvo debajo de los 1000mm de lluvia para la zona de vida de bh-PMT. Según las proyecciones una alta variabilidad interanual y estacional de la precipitación trae como consecuencia el aumento de eventos climáticos extremos que son uno de los factores que repercuten directamente en la producción y rendimiento de maíz tal como se ha evidenciado en las gráficas antes presentadas.

#### **7.2.1.2 Determinación de pérdidas de producción de maíz en un tiempo determinado y afecciones por eventos climáticos extremos en cada fase del ciclo fenológico del maíz.**

Para determinar los tiempos en los cuales ocurren pérdidas se planteó como indicador: El anegamiento de suelos definido como la saturación por agua en los suelos, esta variable fue escogida debido a que puede ser fácilmente medible por

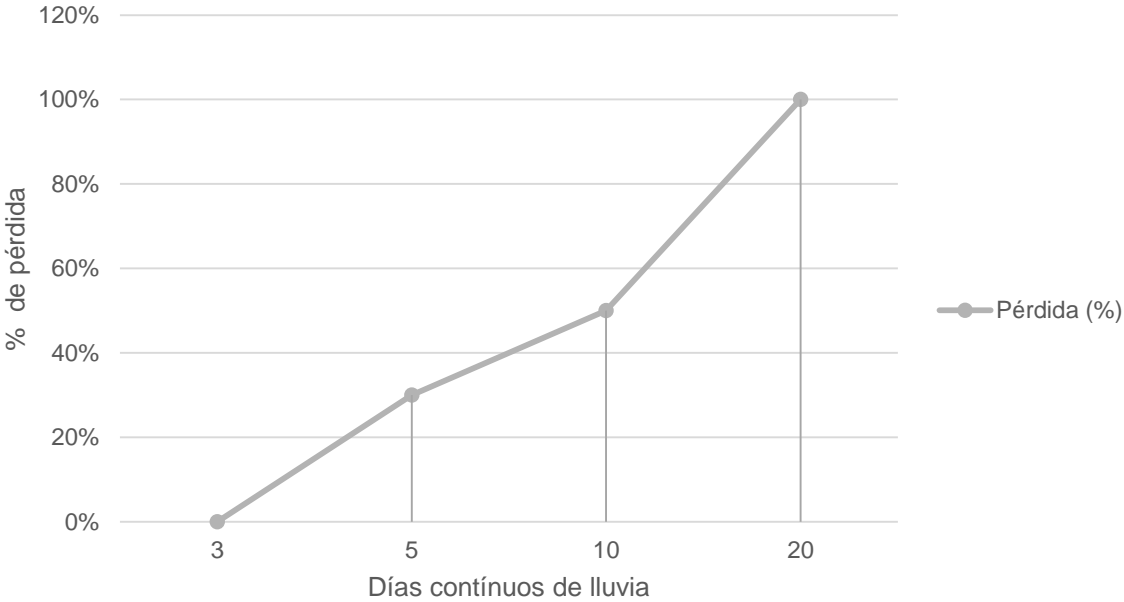
los agricultores en campo. Es un indicador llamado por los agricultores “suelo encharcado”. Esta saturación de suelos provoca daños en el sistema radicular del cultivo teniendo efectos negativos a todo nivel.

A continuación en el cuadro 6, se presentan las pérdidas durante días continuos de anegamiento por agua en suelos, según consulta a agricultores. Para esto se les planteó de referencia el año 2010.

Cuadro 6. Pérdida de producción, según días continuos de lluvia (con anegamiento de agua en el suelo) fase del ciclo fenológico de maíz.

Días con anegamiento de suelo	Pérdida (%)	Impacto
3	0%	Primeras afecciones observadas
5	30%	Moderado
10	50%	Alto
20	100%	Muy Alto

(Elaboración Propia)



(Elaboración Propia)

Figura 26. Pérdida de producción, según días continuos de lluvia (con anegamiento de suelo en el suelo) fase del ciclo fenológico de maíz, año muy húmedo 2010.

La saturación acumulada de agua en el suelo en las parcelas del cultivo de maíz de los agricultores, provocó pérdidas totales. Otros tuvieron pérdidas del 50-65%, dejando a la población sin alimento para los próximos meses, después de la cosecha. El primer fenómeno (tormenta Aghata) ocurrió durante la fase de siembra y fase vegetativa, lo que provocó pérdidas iniciales y en otros casos la resiembra. A finales de la época ocurrió la Tormenta Stan, terminando de destruir los cultivos que aún habían sobrevivido a los primeros eventos de precipitación.

Los agricultores tuvieron que comprar maíz, pero debido a que estos fenómenos afectaron a escala nacional, las pérdidas de maíz no habían ocurrido en un único departamento y la pérdida fue mayor en otras regiones. Esto provocó el encarecimiento del quintal de maíz.

Al haber poca cosecha, se almacenó muy poca semilla para la próxima siembra del siguiente año. Al consultar a los agricultores estos dijeron que no pudieron hacer algo para recuperar sus cultivos, lo que demuestra poca capacidad de respuesta tanto por falta de conocimiento como recursos. Es por esto la importancia de conocer los períodos de pérdida del cultivo para poder establecer mecanismos de alerta temprana que prevengan y por lo tanto se tomen medidas para aumentar la capacidad de respuesta. Al establecer los períodos de pérdidas se pueden establecer los períodos de emisión de alerta en un sistema de alerta temprana.

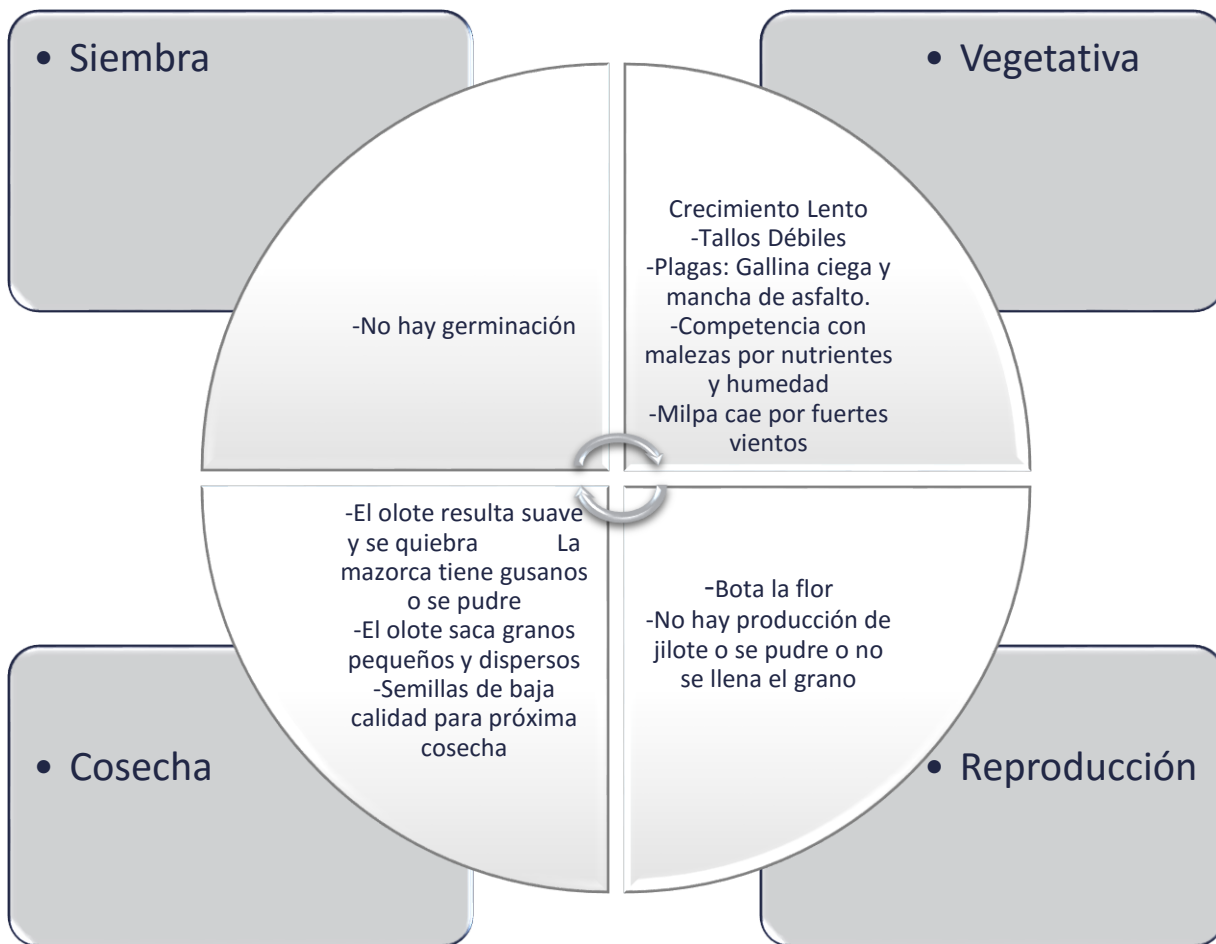
En las comunidades visitadas se pudo observar que el maíz es su principal medio de vida, en algunos casos se observó plantaciones de café, tala de árboles para madera. Las pérdidas de su alimento se traducen en una inseguridad alimentaria para las comunidades. Genera problemas de desnutrición y círculos de pobreza, debido a su lejanía la presencia de gobernanza es muy baja y el interés poco, más que por ONG'S o instituciones privadas.

Una diversificación económica es clave para la adaptación de estas comunidades al cambio climático, así como la toma de acciones preventivas y adaptativas para sus cultivos.

Según la información levantada en campo, días continuos de anegamiento de agua en el suelo provocan las pérdidas antes presentadas, afectando a las 4 fases; principalmente a la de reproducción; ya que está; en un año climático normal ocurre en un período de canícula y no de constantes precipitaciones.

a) Efectos del anegamiento de suelos en la producción de maíz, con base al año 2010.

La Figura 15, indica como el anegamiento por agua en el suelo perjudica las diferentes fases del cultivo de maíz, según las experiencias de los propios agricultores; donde como se puede observar los mayores impactos se observan en la fase vegetativa, reproductiva y de cosecha.



(Elaboración Propia)

Figura 27. Afecciones al cultivo de maíz según fases de ciclo fenológico del maíz (vegetativa, reproductiva y cosecha), durante anegamiento de suelos.

A manera de respuesta de las pocas acciones que alguno campesinos tomaron fueron: la resiembra, limpia, calzada, fertilización (el fertilizante fue lavado, por lo que no tuvo ningún efecto)

Ante lo cual se evidencio que no tienen una capacidad de respuesta suficiente, que en efecto reduzca sus pérdidas. Porque no conocen otras medidas, o el dinero no



es suficiente. Además se le consultó si tuvieran la capacidad económica que acciones tomarían, fueron pocas las respuestas al respecto (caminos de agua, tapiscar antes, almacenamiento de una cuarta parte de la cosecha, entre otras).

El conocimiento de las afecciones da una pauta para determinar acciones que caben dentro del componentes de capacidad de respuesta en un sistema de alerta que pueden ayudar a disminuirlas pérdidas.

Según (DUPONT, 1996), el cultivo de maíz es susceptible al anegamiento de suelos porque impide la respiración de las raíces y absorción de nutrientes, en consecuencia la producción se reduce. Un desarrollo normal de la planta requiere de suelos bien drenados. El anegamiento de suelos da lugar al cierre de las estomas, un crecimiento limitado, clorosis y menor crecimiento de las raíces.

El anegamiento elimina los niveles de oxígeno en el suelo dado que los poros pasan a estar llenos de agua (MAG, 2009). Las plantas y sus raíces necesitan oxígeno para sobrevivir, al haber privación de oxígeno resulta en la muerte de las células radicales y la subsecuente podredumbre de raíces. El maíz responde inmediatamente a la anoxia por medio de la formación de arénquima y de raíces adventicias y por la elongación de internudos más bajos. Esto permite la difusión de oxígeno en las raíces y facilita la sobrevivencia en inundaciones de corta duración. Cuanto más haya crecido el maíz, mayor es la posibilidad de supervivencia.

En la fase de vegetativa (de crecimiento) si el exceso de humedad continua de 3 a 6 días cuando la planta se encuentra a 40-50 cm de altura pueden ocurrir disminución del rendimiento de un 30-50%; si se encontrará en faso de floración la pérdida sería menor (Laffite, 2000).

La absorción de nitrógeno se reduce por la rápida desnitrificación de los nitratos después de 48 horas de inundación (Laffite, 2000). Como se sabe las tierras de la región centroamericana son deficientes de nitrógeno (MAG, 2009).

La deficiencia de nitrógeno se traduce en un menor crecimiento de los vástagos, seguido por el cambio de color en las hojas de verdes a amarillas y finalmente su eventual senescencia. Un bajo abastecimiento de nitrógeno durante la fase de

reproducción, específicamente en la floración limita el establecimiento de la capacidad de reserva de grano.

A continuación se presenta la comparación de los efectos planteados por información documental, como la recopilada en campo y los efectos en el cultivo.

Cuadro 7. Análisis comparativo de los efectos del anegamiento de suelos en maíz en base información empírica y documental.

<b>Fase del Ciclo Productivo</b>	<b>Efecto Anegamiento de Suelos (Empírico)</b>	<b>Efecto Anegamiento de Suelos (Revisión Bibliográfica)</b>	<b>Efecto en la planta de maíz</b>
Siembra	Semilla no germina	En fase de germinación, puede sobrevivir de 2 a 4 días de anegamiento	El anegamiento de agua elimina los niveles de oxígeno, provoca la acumulación de productos tóxicos por la respiración anaeróbica, provocando la muerte de las raíces
Vegetativa	-Debilidad en tallos -Fertilizante no funciona porque se lava -Plaga de la gallina ciega se come tallo -Crecimiento Lento -Competencia con maleza que crece entorno a la planta -El viento bota la milpa -Hojas amarillas por plaga	-Reducción de la población. -Retardo en el crecimiento -Menor crecimiento de vástagos -Senescencia de hojas.	Menor absorción de nutrientes.
Reproductiva	-El fruto es pura cáscara -Pudrición de fruto -Se cae la flor -El jilote no produce maíz, porque se pudre -Viento bota jilotes	-Menor rendimiento Limita el establecimiento de la capacidad de reserva de grano.	La absorción de nitrógeno se reduce por la rápida desnitrificación
Cosecha	-Maíz Podrido -Mazorca con gusanos -El olote resulta "suave" y se quiebra -Semillas de baja calidad, no aptas para próxima siembra -El olote saca granos pequeños		

(Elaboración Propia)

Como puede observarse en la Cuadro 7, los problemas expuestos por los agricultores son similares a los planteados por la información documental. Esto otorga validez a la información empírica proporcionada.

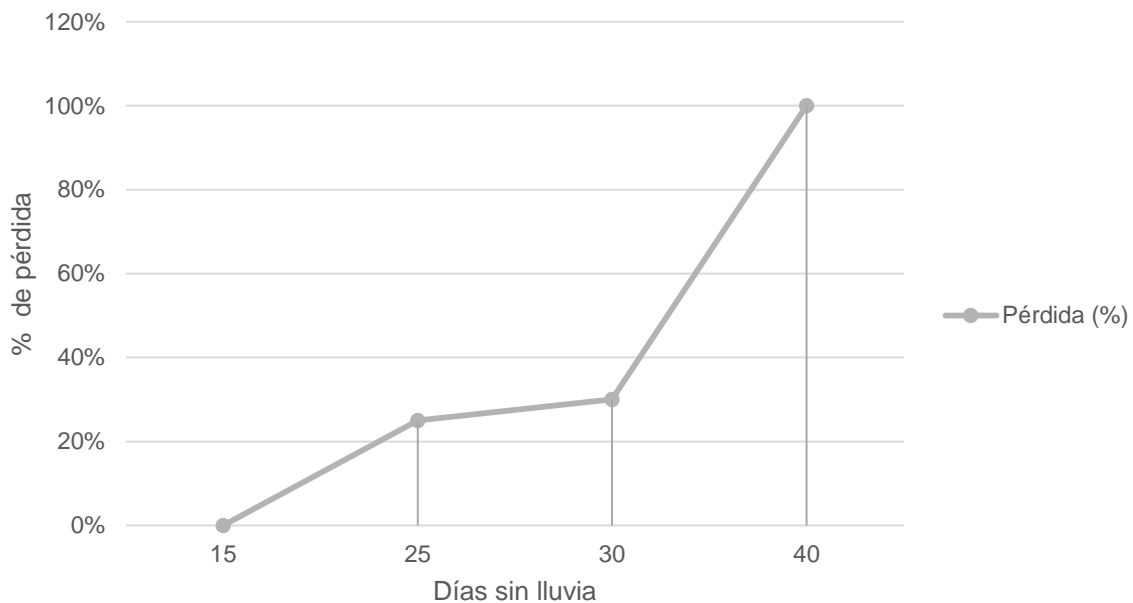
Para determinar los tiempos en los cuales ocurren pérdidas en sequía. Se planteó como indicador de medición el déficit hídrico definido como la falta de agua necesaria para el desarrollo del cultivo. Esta variable fue escogida debido a que puede ser fácilmente medible por los agricultores en campo. Es un factor principal para el desarrollo del cultivo.

A continuación se presentan las pérdidas durante días continuos de déficit hídrico, según consulta a agricultores, para esto se les planteó de referencia el año 2014.

Cuadro 8. Pérdida de producción, según días sin lluvia, fase del ciclo fenológico de maíz.

Días sin lluvia (Déficit Hídrico)	Pérdida (%)	Impacto
15	0%	Primeras afecciones observadas
25	25%	Moderado
30	50%	Alto
40	100%	Muy Alto

(Elaboración Propia)



(Elaboración Propia)

Figura 28. Pérdida por sequía, según días sin lluvia, fase del ciclo fenológico de maíz, en base al año de referencia 2014.

En la Figura 5 se puede observar las pérdidas crecientes por pentadas consecutivas de días sin lluvia, según la información colectada en campo. Si bien a los 15 días sin lluvia no hay pérdidas se empieza a observar las primeras afecciones donde el tema de medidas preventivas puede intervenir para reducir las pérdidas.

En el caso de las comunidades de Payá y Pachay no fue tan significativo a comparación de otras áreas del país que lo perdieron todo, su pérdida fue de un 30-50%. La capacidad de respuesta fue baja, ya que al no tener acceso al agua no podían utilizarlo para riego con algunas excepciones.

Los agricultores expusieron su preocupación de no saber cuándo había o no sequía, por lo tanto no sabían cuando sembrar. Las pérdidas provocaron que no pudieran alimentarse todo el año con el maíz cosechado sino solo algunos meses, lo demás fue comprado. A lo que debe agregarse que el costo de la compra de maíz se ha encarecido, por la misma carencia en otras regiones del país.

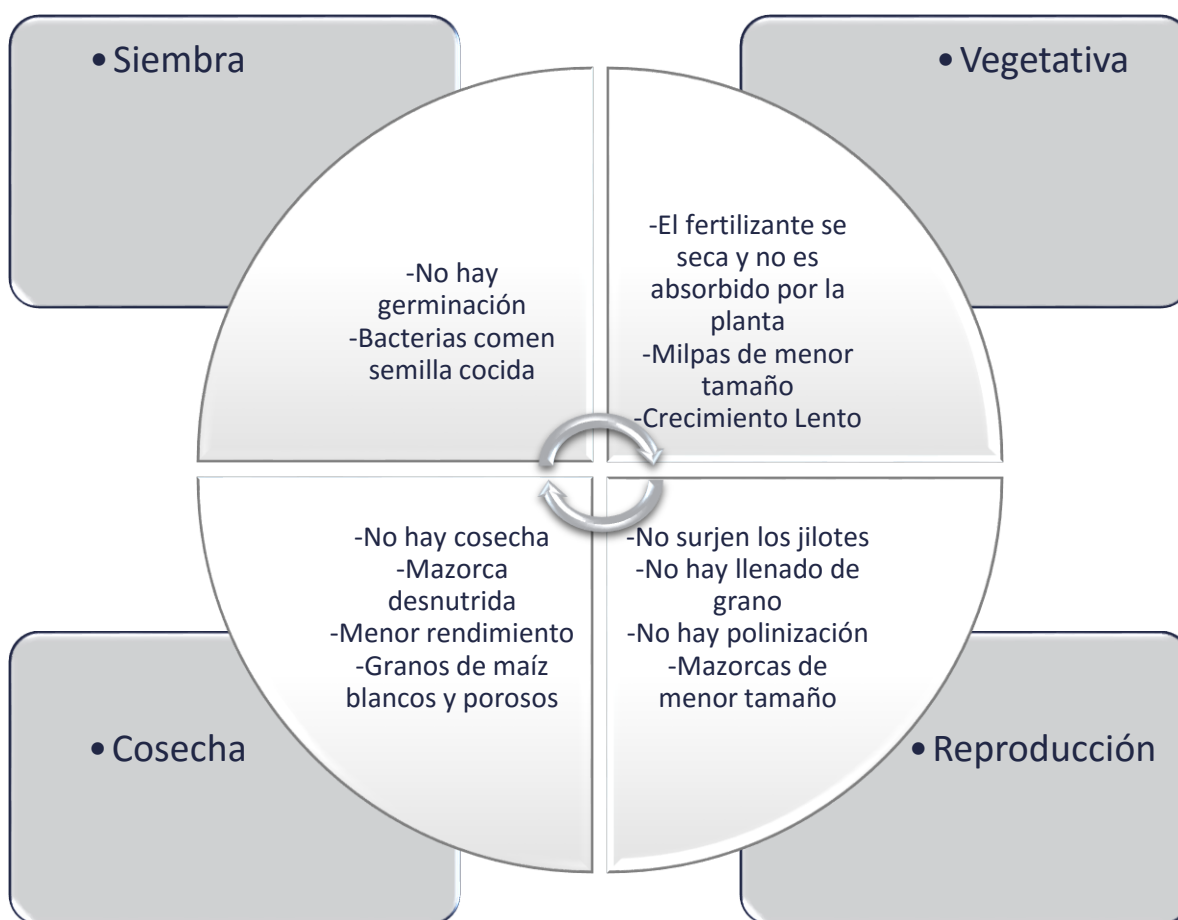
Entre las dificultades encontradas fue la presencia de las plagas de gallina ciega y de mancha de asfalto. La primera al no existir humedad en el ambiente se comía las raíces de la planta y la segunda para algunos agricultores era desconocida, no sabían de qué se trataba de una plaga y tampoco toman medida alguna para controlarla.

Según (Laffite, 2000) la temperatura y la humedad en el aire se encuentran relacionadas entre sí, la coincidencia de estas dos variables contribuyen a retardar la madurez del grano. Por otro lado un exceso de humedad puede originar la presencia de enfermedades en el cultivo.

Eventos como la sequía a menudo causan en el período de reproducción, específicamente en la polinización, la desecación del tejido foliar y la formación deficiente del grano (Laffite, 2000).

a) Efectos del anegamiento de suelos en el cultivo de maíz con base al año de referencia 2014.

A continuación en la Figura 17 se enlistan las afecciones percibidas por los agricultores en las fases del ciclo fenológico durante eventos de anegamiento de suelos.



(Elaboración Propia)

Figura 29. Afecciones al cultivo de maíz en las fases vegetativa y reproductiva, según fases de ciclo fenológico del maíz durante déficit hídrico.

En la Figura 17 se describen las afecciones de sequía en las fases del ciclo fenológico. Esto permite analizar acciones que pueda disminuir las pérdidas de los cultivos. Los agricultores toman las siguientes medidas: riego, limpieza y calzado, aplicación de fertilizantes y herbicidas. Sin embargo estas no son suficientes ya que las pérdidas continúan y a medida de que ocurren sequías consecutivas la probabilidad de adaptación es más baja, por el poco tiempo y la falta de planes de acción preventivos ante estos fenómenos.

Entre los problemas más destacados fue el tamaño de la mazorca y del crecimiento de la milpa, donde el tamaño de la mazorca blanca en año climático normal es de 30 cm, con una altura de la milpa de 2.5 m. En época de sequía se redujo a 2m. Otro de los problemas fue que el fertilizante no tuvo el efecto esperado, ya que al no llover, este no fue absorbido por la milpa y se secó. Los suelos se agrietaron a los 9 días de falta de lluvia.

Según FAO (2000), la sequía restringe la fotosíntesis tanto por limitaciones en los estomas o por limitaciones bioquímicas. Cuando la sequía ocurre durante el establecimiento de la planta es decir su fase vegetativa, su población se reduce. Debido a la baja capacidad del maíz de producir macollos productivos, no puede compensar el efecto de la sequía. Además tienden a disminuir el área foliar y el desarrollo y aceleran la senescencia de la hoja.

A continuación se presenta la comparación de los efectos planteados por información documental, como la recopilada en campo y los efectos en el cultivo.

Cuadro 9. Análisis comparativo de los efectos del déficit hídrico de agua en maíz en base información empírica y documental.

<b>Fase del Ciclo Productivo</b>	<b>Efecto en Sequía (Empírico)</b>	<b>Efecto Sequía (Revisión Bibliográfica)</b>	<b>Efecto en la Planta de Maíz</b>
Siembra	-Semilla no germina -La semilla por la falta de humedad se “coce” y es comida por bacterias		Se restringe la fotosíntesis por limitaciones en los estomas o por limitaciones bioquímicas.
Vegetativa	-El fertilizante se secó y no pudo absorberlo la planta -Milpas de menor tamaño -Planta crece muy lento	-Reducción de población -Baja capacidad de reproducir macollos productivos -Disminución de área foliar y desarrollo. -Aceleración de senescencia de la hoja	
Reproductiva	-No surgen los jilotes -No hay llenado de grano -No hay polinización -No da fruto o no crecen los elotes -Mazorca de tamaño más pequeño	-Reducción de la formación de reservas -Disminución en el número de granos -Retardo en el crecimiento de estambres -Escasa formación de granos -Enfermedades	Los óvulos fertilizados detienen su crecimiento (Westgate, 1994). El bajo contenido de agua del ovario afecta la viabilidad del grano en desarrollo El crecimiento de los estambres es muy sensible al contenido de agua (FAO,200) Una escasa formación de granos ocurre por el aborto de óvulos polinizados, esto ocurre aparentemente porque el flujo de sustancias asimiladas de la corriente fotosintética al grano en desarrollo
Cosecha	-No hay cosecha -Mazorca desnutrida, sin granos -Milpas que dan 5 mazorcas, dan 3 -Granos de maíz resultan porosos y blancos	-Disminución de la velocidad y duración del período de llenado de grano -Llenado parcial del grano -Vuelco	El vuelco es provocado por la movilización de reserva de carbohidratos del tallo al grano cuando la fotosíntesis es limitada por la falta de humedad

(Elaboración Propia)

Como puede observarse en el Cuadro 9, nuevamente los problemas expuestos por los agricultores son similares a los planteados por la información documental, otorgando validez a la información empírica proporcionada.

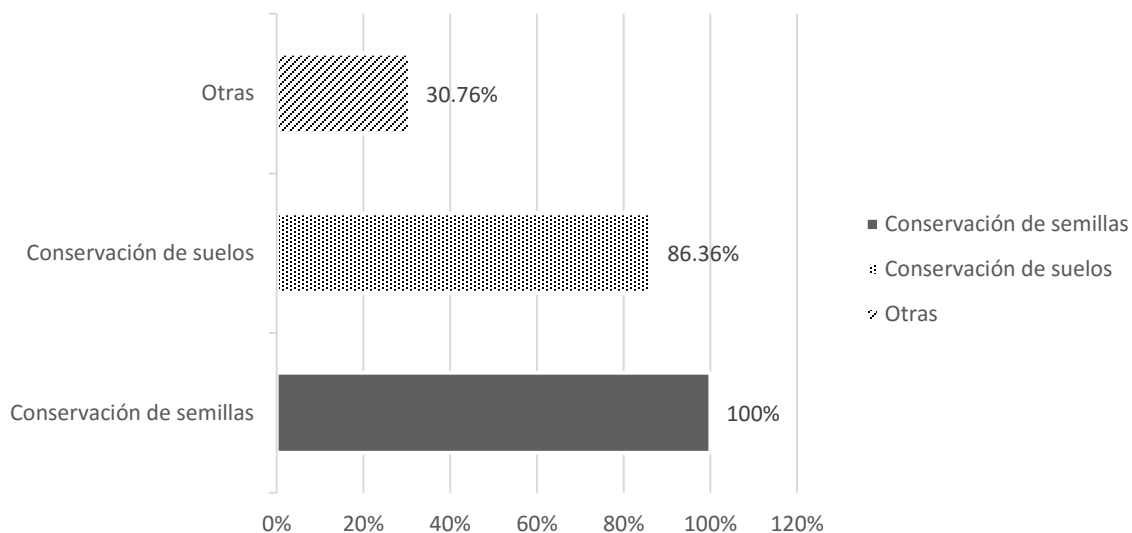
Finalmente el conocimiento de los efectos del clima en cada fase del cultivo de maíz, permiten analizar acciones preventivas y adaptativas que reduzcan las pérdidas de producción.

El porcentaje de pérdidas con respecto al tiempo permite realizar un sistema de alerta que anticipe posibles eventos que produzcan pérdidas en la producción y por consiguiente la toma de decisiones y acciones.

Una respuesta anticipada permitiría reducir costos, recursos y tiempo en alimentar a las familias en riesgo alimentario y estado de pobreza. Se traduciría en un empoderamiento de las comunidades y una mejora en la calidad de vida.



### 7.3 DETERMINACIÓN DE CAPACIDAD DE RESPUESTA DE LOS AGRICULTORES DE LAS COMUNIDADES DE CHIMALTENANGO.



(Elaboración Propia)

Figura 30. Porcentaje de agricultores que toman medidas de adaptación ante eventos climáticos extremos.

De las acciones propuestas el 100% de los agricultores realizan prácticas de conservación de semillas. Esta consiste en el almacenamiento de las semillas en bodegas artesanales o canastos de los agricultores. Las semillas escogidas son de las mazorcas más grandes o medianas.

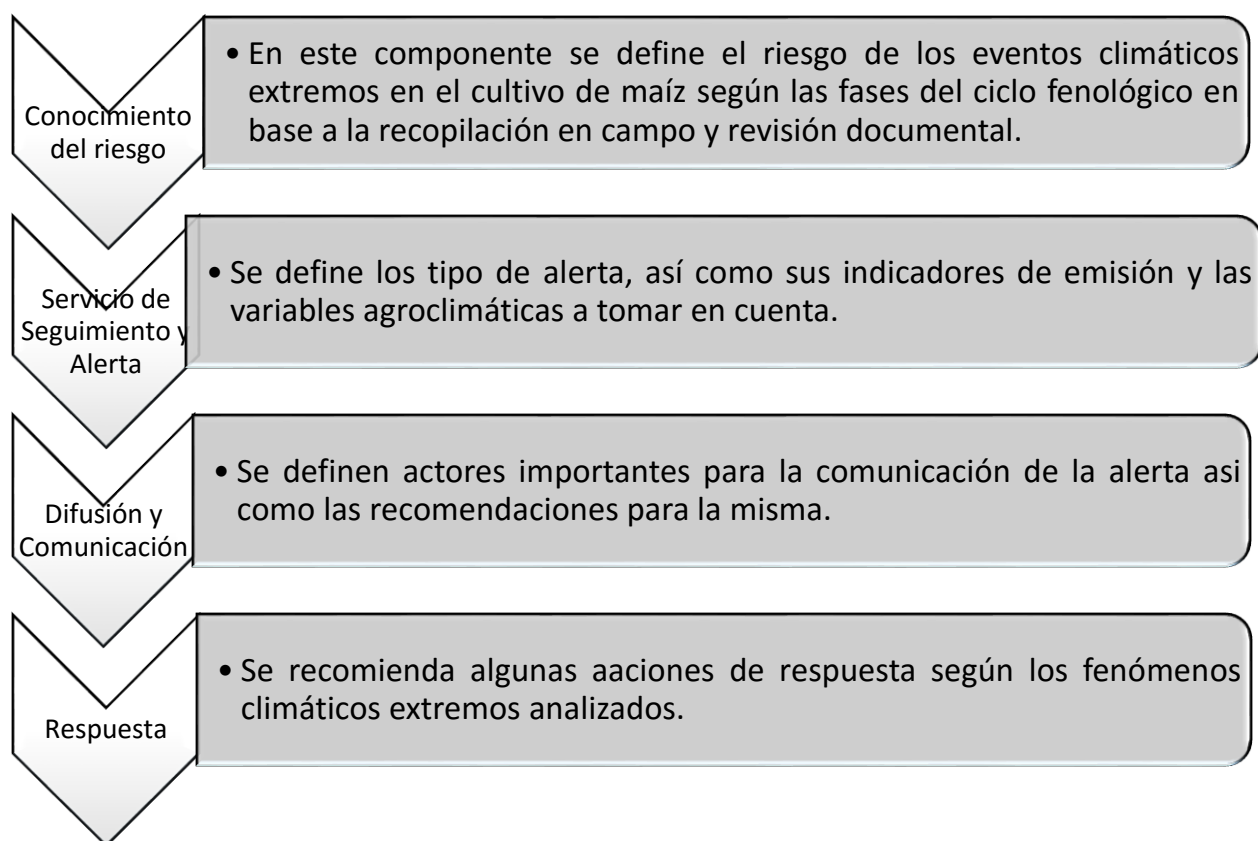
El 86.36% realizan prácticas de conservación. Estas consisten en trazar curvas de nivel y siembra de barreras vivas. Esto es contraproducente ya que como medio de ingreso extra realizan tala de árboles para madera. Entre otras prácticas que realizan se encuentran la utilización de insecticidas y riego.

En la mayoría de los casos los agricultores expresaron que no sabían que hacer, ni cuando realizar prácticas para enfrentar eventos como sequías o exceso de precipitación. Es necesario la capacitación y propuesta de prácticas de adaptación. Son parte fundamental para enfrentar la inseguridad alimentaria y pobreza de estas comunidades que en su mayoría su principal medio de vida es el cultivo de maíz

#### 7.4 PROPUESTA DE SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

La factibilidad de un sistema de alerta temprana para las zonas de vida bh-MBT, bh-PMT, en el departamento de Chimaltenango, dependerá principalmente de que existan, los recursos, las capacidades, la participación total de los agricultores y la socialización de la importancia del proyecto, así como de una eficiente comunicación y capacitación.

En la figura 31 se presenta los componentes de un sistema de alerta temprana abordados para el caso de la presente investigación, siendo su principal alcance el servicio de alerta.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 31. Componentes del Sistema de Alerta Temprana municipal o comunitario.

### 7.4.1 Conocimiento del riesgo

El riesgo se define como la probabilidad de que, durante un período específico de tiempo, se produzcan alteraciones graves del funcionamiento normal de una comunidad o una sociedad debido a los fenómenos físicos peligrosos que interactúan con condiciones sociales vulnerables, dando lugar a efectos humanos, materiales, económicos o ambientales adversos generalizados que requieren una respuesta inmediata a la emergencia para satisfacer las necesidades humanas esenciales, y que pueden requerir apoyo externo para la recuperación (IPCC, 2009)

$$\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad} \times \text{Deficiencias en Preparación}$$

En el caso de la presente investigación las amenazas son los eventos climáticos evaluados (exceso de precipitación y sequía), siendo vulnerables el cultivo de maíz por ser el único medio de vida de las comunidades.

Cuadro 10. Conocimiento del Riesgo para el cultivo de maíz.

<b>Conocimiento del Riesgo. Enfoque basado en comunidades y su principal medio de vida (maíz)</b>					
	<b>Amenaza</b>	<b>Variables Biofísicas Asociadas</b>	<b>Procesos Hidrológicos</b>	<b>Sitios Expuestos</b>	<b>Época de Máxima Exposición</b>
<b>Exceso de Humedad</b>	-Tormentas Tropicales -Fenómeno de la Niña -Huracanes	-Precipitación -Temperatura -Evapotranspiración -Humedad	-Inundaciones	Terrenos agrícolas de los campesinos	Durante el Ciclo Fenológico del cultivo, temporada de lluvias
	-Fenómeno del Niño. -Retraso de estación lluviosa -Prolongación de canícula -Otros	-Precipitación -Temperatura -Evapotranspiración -Humedad	-Sequía Agrícola	Terrenos agrícolas de los campesinos	Durante el Ciclo Fenológico del cultivo, temporada de lluvias

(Elaboración Propia)

#### **7.4.2 Definición de Alerta**

Para la definición de la alerta, se basó en la metodología de la investigación: “Manual para el diseño e implementación de un sistema de alerta temprana de inundaciones en cuencas menores de la Organización de Estados Americanos”, la cual plantea tres niveles: el aviso, alarma y alerta. Para el cual se requiere de la determinación de una variable o indicador en base a una fuente confiable de información. Luego de definir en qué consistirán los niveles de alerta se les asigna un nivel de riesgo, el cual al ser acumulado (sumatoria de eventos) puede denotar las siguientes alertas: amarilla (aviso, significa estar atentos), naranja (alerta, indica inicio de acciones preventiva), roja (atención de la emergencia).

A continuación se presentan las propuestas de emisión de alerta para mediano y corto plazo (cuadros 11, 12 13,14) tanto para eventos de anegamiento de suelos como déficit hídrico, así como el sistema de monitoreo y emisión de alerta:

Cuadro 11. Propuesta de indicadores y niveles de alerta para eventos de anegamiento de suelos, mediano plazo

Estación	Nivel	Variable	Valor de las variables	Valor de Riesgo	Fuente	Previsiones complementarias	Recomendaciones
Estaciones de las zonas de vida de Chimaltenango (bh-MB y bh-PMT)	Monitoreo Normal	Probabilidad de desarrollo del Fenómeno de la niña arriba del 50%	Mayor del 50%	1	NOAA <a href="http://www.nhc.noaa.gov/">http://www.nhc.noaa.gov/</a>	Seguimiento de posible desarrollo del fenómeno y la fecha del mismo	
		Alta probabilidad de intensa actividad ciclónica	Emisión anual de posibles eventos ciclónicos al año.	1	NOAA <a href="http://www.nhc.noaa.gov/">http://www.nhc.noaa.gov/</a>	Seguimiento de posible desarrollo del fenómeno y la fecha del mismo	
	Aviso	Precipitación arriba del 25% del promedio histórico	Promedio Histórico (15mm)	1	Consejo de Monitoreo climático CONRED-INSIVUMEH	Monitoreo	Alerta Amarilla indica estar atento a los próximos eventos climáticos. Se recomienda la formación de comité de intervención de riesgo agrícola.
		Probabilidad de formación de ciclones		1	Boletín Climático INSIVUMEH <a href="http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/pronosticos/especial.pdf">http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/pronosticos/especial.pdf</a>	Monitoreo	
	Aviso	Pronóstico de Lluvias		2	Mapa de Pronóstico de Lluvias de INSIVUMEH <a href="http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/pronosticolluvia.jpg">http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/pronosticolluvia.jpg</a>	Monitoreo	Inicio de acciones preventivas, recomendadas por comité de riesgo agroclimático. Se inicia la preparación de protocolos para atender posible emergencia.

Cuadro 12. Propuesta de indicadores y niveles de alerta para eventos de anegamiento de suelos para corto plazo.

Estación	Nivel	Variable	Valor de las variables	Valor de Riesgo	Fuente	Previsiones complementarias	Recomendaciones	
Estaciones de las zonas de vida de Chimaltenango (bh-MB y bh-PMT)	Aviso	Inicio de estación lluviosa			Reporte de estaciones climáticas. Boletín informativo.	Monitoreo de condiciones climáticas		
	Aviso	Días consecutivos de anegamiento de suelos	1 día con probabilidades de que siga lloviendo 2 días más a una precipitación mayor de 15 mm	1	Reporte de Estaciones climáticas y consulta a agricultores	Monitoreo de estado de cultivos y atención a próximas condiciones climáticas.	Inicio de monitoreo de estado de los cultivos, en alerta amarilla se recomienda que los agricultores estén atentos	
		Días consecutivos de anegamiento de suelos	2 día con probabilidades de que siga lloviendo a una precipitación mayor de 15 mm	1	Reporte de Estaciones climáticas y consulta a agricultores	Monitoreo de estado de cultivos y atención a próximos eventos.		
	Corto Plazo (1 semana-1 día)		Precipitación arriba del promedio	Probabilidad de continuidad de lluvias mayo al promedio histórico (15mm)	1			
		Alerta	Días consecutivos de anegamiento de suelos	3 días continuos de anegamiento más continuidad de días continuos de precipitaciones mayores a 15 mm.	3	Reporte de Estaciones climáticas y consulta a agricultores	Aviso de inicio de acciones preventivas	Inicio de acciones preventivas por parte del agricultor
		Atención de Emergencia	Días consecutivos de anegamiento de suelos	Más de 5 días de anegamiento	5	Reporte de Estaciones climáticas y consulta a agricultores	Inicio de implementación de protocolos	Inicio de protocolos por parte de actividades pertinentes

Alerta Temprana para Mediano Plazo, Amenaza: Anegamiento de Suelos

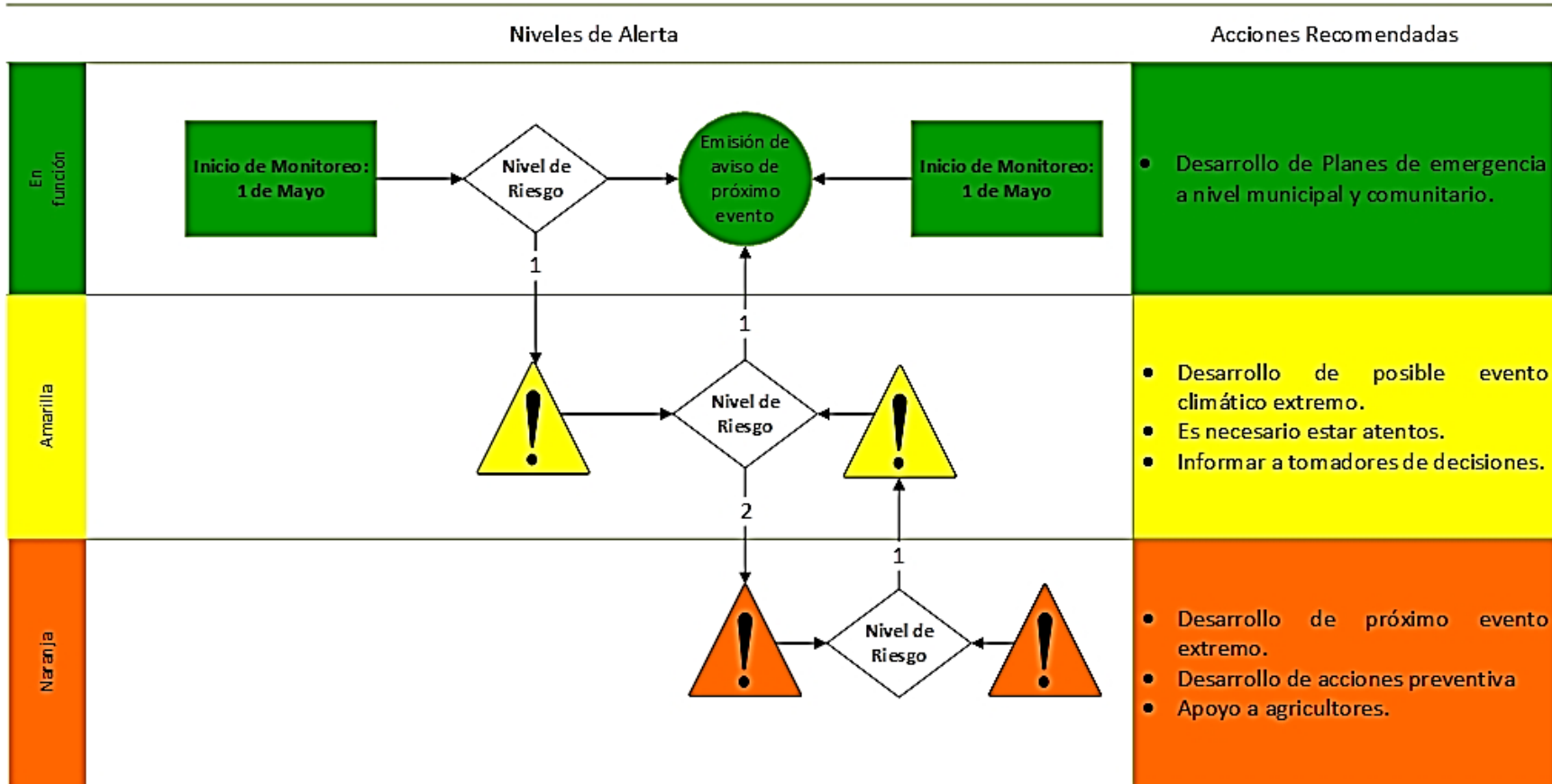


Figura 32. Sistemas de Alerta Temprana para Anegamiento de Suelos, Mediano Plazo.

Ver medidas de respuesta en cuadro 15.

Alerta Temprana, Amenaza: Anegamiento de Suelos

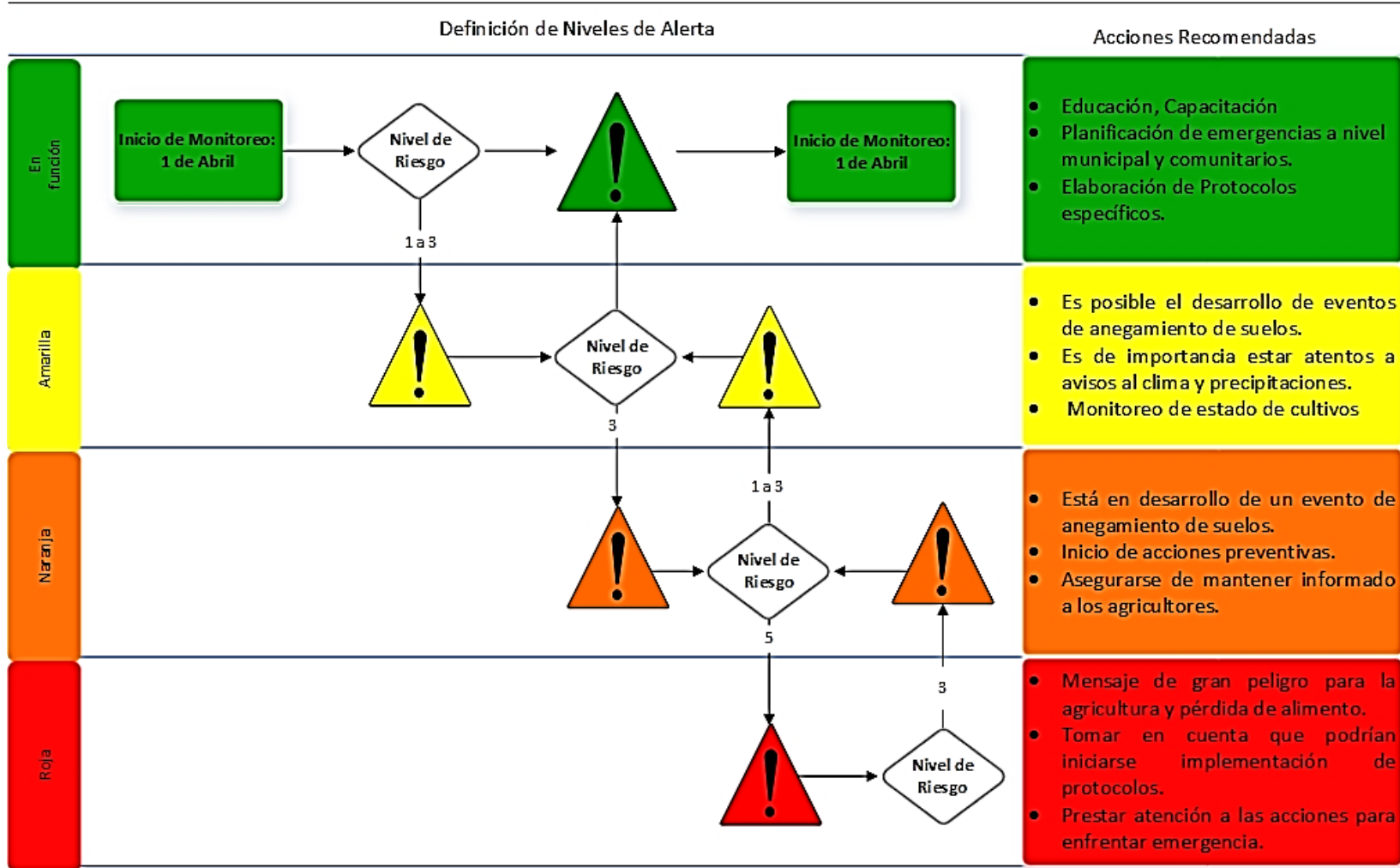


Figura 33. Sistemas de Alerta Temprana para Anegamiento de Suelos, Corto Plazo.



Cuadro 13. Propuesta de indicadores y niveles de alerta para eventos de déficit hídrico, mediano plazo.

Estación	Nivel	Variable	Valor de las variables	Valor de Riesgo	Fuente	Previsiones complementarias	Recomendaciones
Estaciones de las zonas de vida de Chimaltenango (bh-MB y bh-PMT)	Monitoreo Normal	Probabilidad de desarrollo del Fenómeno del niño arriba del 50%	Mayor del 50%	1	NOAA <a href="http://www.nhc.noaa.gov/">http://www.nhc.noaa.gov/</a>	Seguimiento de posible desarrollo del fenómeno y la fecha del mismo	
	Aviso	Precipitación debajo del 25% del promedio histórico	Promedio Histórico (15mm)	1	Consejo de Monitoreo climático CONRED-INSIVUMEH	Monitoreo	
	Aviso	Probabilidad de retraso de estación lluviosa o extensión de la canícula		1	Boletín Climático INSIVUMEH <a href="http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/pronosticos/especial.pdf">http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/pronosticos/especial.pdf</a>	Monitoreo	Alerta Amarilla indica estar atento a los próximos eventos climáticos. Se recomienda la formación de comité de intervención de riesgo agrícola.
Mediano Plazo (6 meses-1 semana)	Aviso	Pronóstico de Lluvias		2	Mapa de Pronóstico de Lluvias de INSIVUMEH <a href="http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/pronosticolluvia.jpg">http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/pronosticolluvia.jpg</a>	Monitoreo	Inicio de acciones preventivas, recomendadas por comité de intervención de riesgo agrícola. Se inicia la preparación de protocolos para atender posible emergencia.

Cuadro 14. Propuesta de indicadores y niveles de alerta para eventos de déficit hídrico, corto plazo.

Estación	Nivel	Variable	Valor de las variables	Valor de Riesgo	Fuente	Previsiones complementarias	Recomendaciones	
<b>Estaciones de las zonas de vida de Chimaltenango (bh-MB y bh-PMT)</b>	Corto Plazo (1 semana-1 día)	Aviso	Inicio de estación lluviosa			Reporte de estaciones climáticas. Boletín informativo.	Monitoreo de condiciones climáticas	Inicio de estación lluviosa
		Aviso	Días consecutivos sin precipitación	10 días con probabilidad de que siga sin llover	1		Monitoreo de estado de cultivos y atención a próximas condiciones climáticas.	Inicio de monitoreo de estado de los cultivos, en alerta amarilla se recomienda que los agricultores estén atentos
			Días consecutivos sin precipitación	20 días continuos de déficit hídrico	2	Reporte de Estaciones climáticas y consulta a agricultores	Monitoreo de estado de cultivos y atención a próximas condiciones climáticas.	
		Alerta	Días consecutivos sin precipitación	25 días de déficit hídrico	3	Reporte de Estaciones climáticas y consulta a agricultores	Aviso de inicio de acciones preventivas	Inicio de acciones preventivas por parte del agricultor
		Atención de Emergencia	Días consecutivos sin precipitación	Más de 30 días de déficit hídrico.	4	Reporte de Estaciones climáticas y consulta a agricultores	Inicio de implementación de protocolos	Inicio de protocolos por parte de actividades pertinentes

Sistemas de Alerta Mediano Plazo, Amenaza, Déficit Hídrico

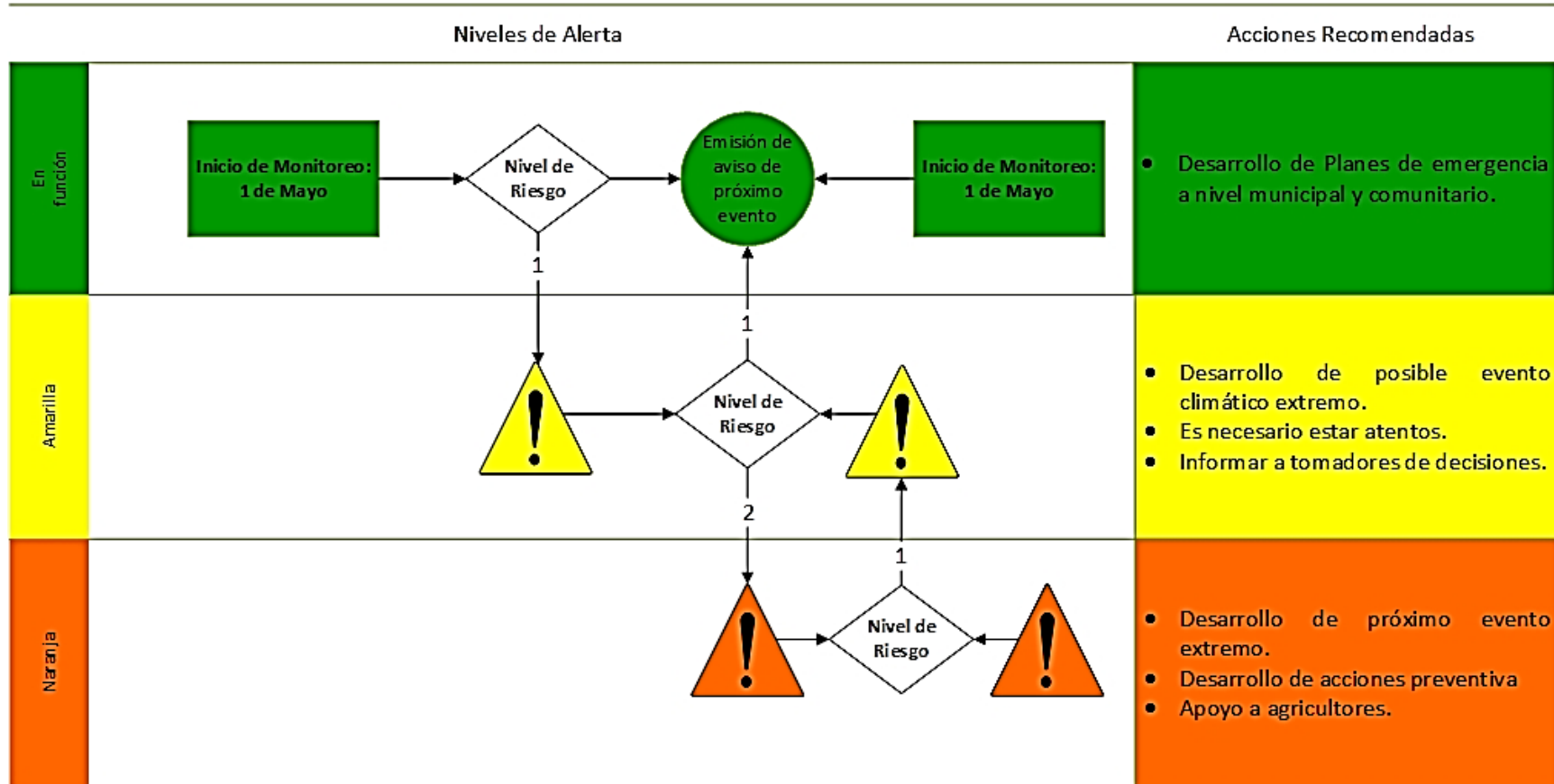


Figura 34. Propuesta de Sistema de Alerta Temprana para Sequía. Mediano Plazo

Ver medidas de respuesta en cuadro 16.

Alerta Temprana, Amenaza: Déficit Hídrico

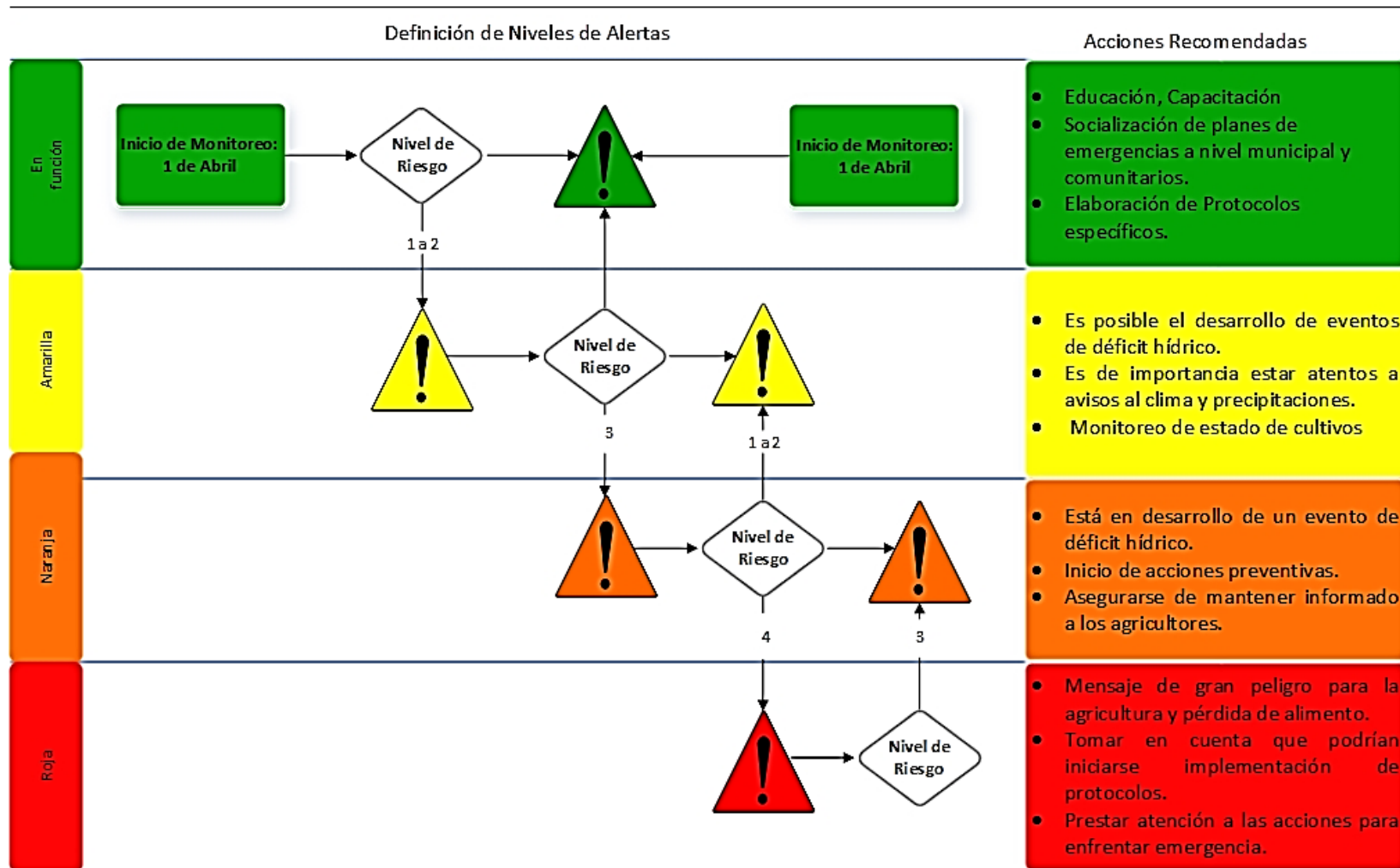


Figura 35. Propuesta de Sistema de Alerta Temprana para Sequía. Corto Plazo

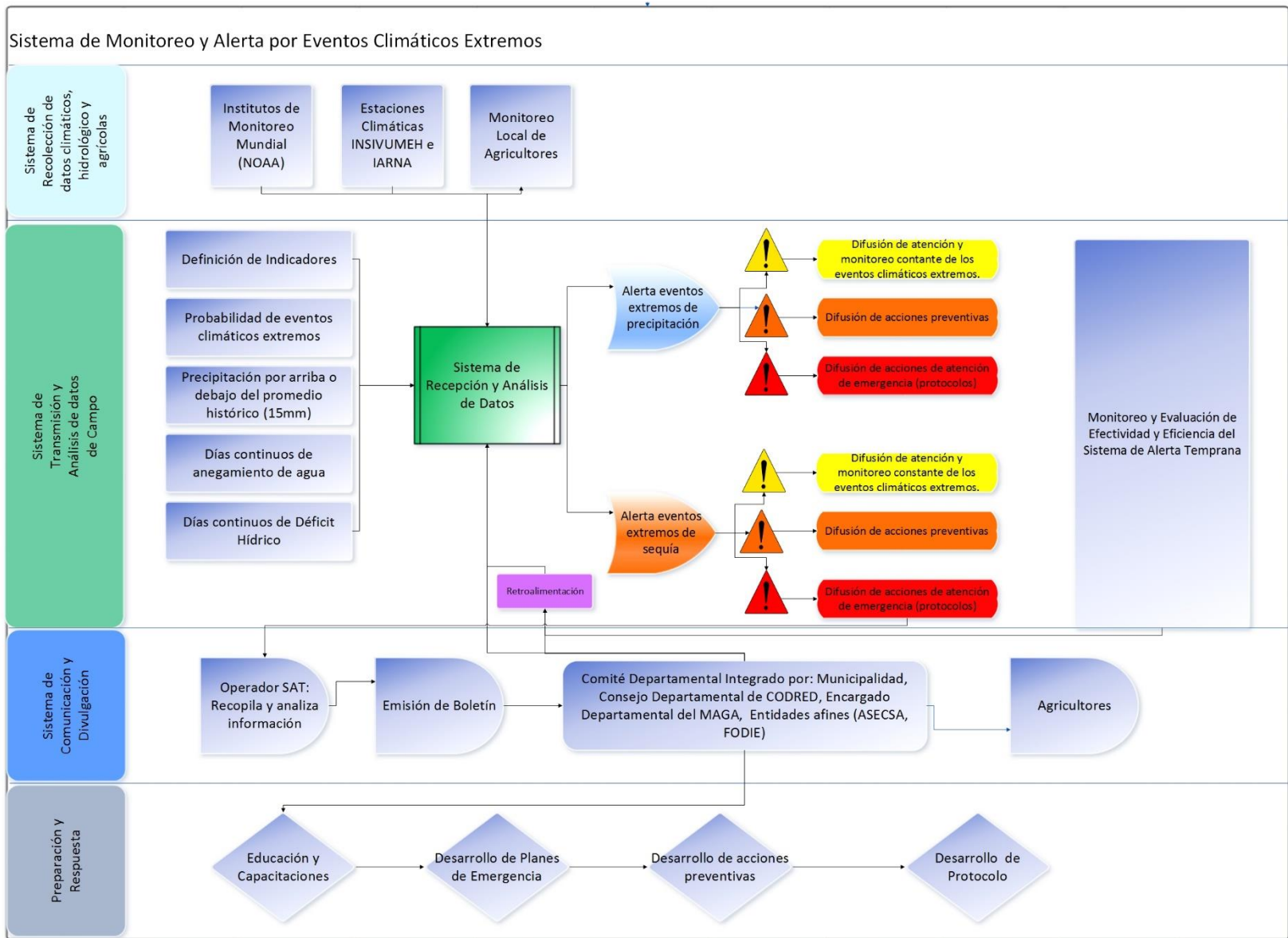


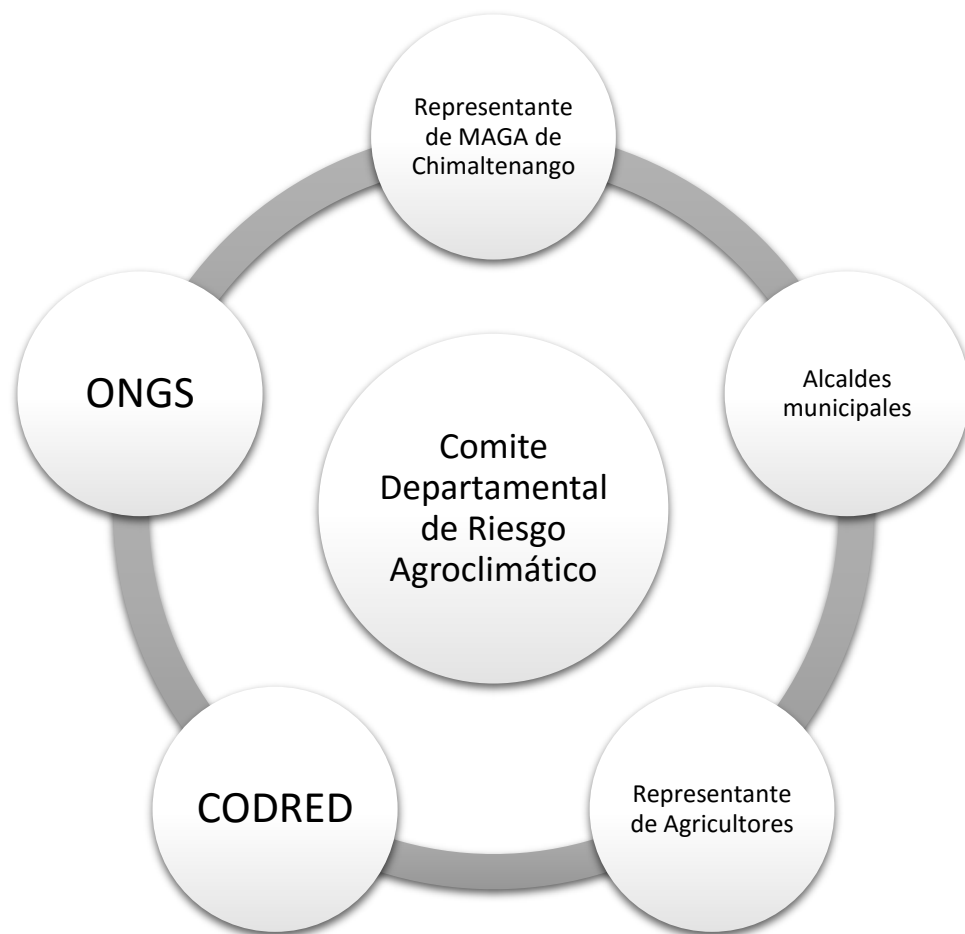
Figura 36. Propuesta de Sistema de Monitoreo y Alerta.

### **7.4.3 Comunicación**

La eficacia de un SAT no solo se debe a tener una base científica y técnica sólida, sino que debe centrarse principalmente en las personas expuestas al riesgo. Este es el enfoque centrado en las personas (Jacks, 2010), en este caso los agricultores, es aquí donde la comunicación juega un papel muy importante desde la socialización del proyecto al implementar un SAT, hasta la comunicación de alertas donde el mensaje debe ser comprendido claramente y debe ser fácilmente accesible (Jacks, 2010). A continuación se describen algunas propuestas para la comunicación de alertas:

Una vez exista la emisión de una alerta, la comunicación de la misma a los tomadores de decisiones y estos a su vez lleven la información a los agricultores, permitirá la puesta en práctica de acciones preventivas y protocolos que mejoren sus capacidades de respuesta y resiliencia.

Para esto se propone la conformación de un comité departamental de riesgo agroclimático, compuesto por entidades ya existentes a nivel departamental:



(Elaboración Propia)

Figura 37. Diagrama de actores del comité de riesgo agroclimático.

Como se observa en la Figura 24, los actores presentados cumplirán un papel fundamental en la toma de decisiones, distribución de recursos y atención de emergencia, así como definición de protocolos y difusión de la alerta a los agricultores como principal objetivo.

Este comité deberá definir los canales de comunicación cuyo objetivo principal es que la alerta llegue de a tiempo y oportunamente para que los agricultores tomen las medidas necesarias. Adicionalmente se recomienda la capacitación a los agricultores de los significados de la alerta para que puedan tomar las medidas, así como retroalimentar en el monitoreo de sus territorios el estado de cultivos. Esto

con el fin de manejar un enfoque participativo y de mejora continua del sistema de alerta temprana.

Se recomienda que la comunicación entre instituciones hasta el comité departamental sea lo más fluida posible ya sea a través de medios de comunicación masivos, internet, etc. En cuanto la transmisión a los agricultores es importante hacer notar que en las visitas a campo no había señal telefónica, más que de la empresa TIGO, esto puede indicar que los pobladores utilizan únicamente esta compañía a la hora de comprar sus celulares. Sin embargo no se conocen cuantos agricultores tendían acceso a este medio de comunicación, por lo que tendría que estudiarse más a fondo la factibilidad de anunciar la alerta a través de este canal de comunicación. Se recomienda utilizar las radios locales y la comunicación a través de líderes comunitarios y sistemas de banderas de alerta sobre todo en comunidades de difícil acceso como fue el caso de Payá y Pachay Las Lomas.



#### **7.4.4 Capacidad de Respuesta**

La capacidad de respuesta se define como las acciones a tomar en este caso por parte de instituciones y agricultores para reducir las pérdidas de maíz al mínimo a través de acciones preventivas, o bien acciones de respuesta ante emergencia previamente alertada, con el fin de aumentar la resiliencia de las comunidades, o bien ayudarlos a enfrentar una posible inseguridad alimentaria.

En la presente investigación se pudieron coleccionar algunas propuestas por parte de los agricultores, que por falta de recursos no han podido implementar. Se esperaba coleccionar información de prácticas ancestrales, sin embargo las respuestas fueron pocas y en la mayoría de las entrevistas expresaban que ante eventos climáticos extremos, no tenían la capacidad de hacerle frente y esto resultaba en las pérdidas totales o parciales de sus cosechas.

A continuación se presentan algunas propuestas de medidas de respuesta tanto para instituciones como agricultores tanto para anegamiento de suelos como déficit hídrico.

Cuadro 15. Medidas de respuesta ante evento de anegamiento de suelos.

<b>Medidas de respuesta. Evento de Anegamiento de Suelos</b>		
<b>Instituciones, tomadores de decisiones</b>	Acciones Preventivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmisión oportuna de la información a los agricultores.</li> <li>• Transferencia de tecnologías accesibles a los agricultores.</li> <li>• Capacitación de técnicos tanto en el manejo de información climática como la transmisión de la misma.</li> <li>• Capacitación a los agricultores sobre significado de las alertas y acciones posibles a realizar para generar una capacidad de respuesta.</li> <li>• Emisión de manuales para los agricultores con medidas tanto de prevención como para enfrentar la emergencia.</li> <li>• Creación de banco de semillas a nivel municipal del departamento para entrega semillas para resiembra o siembra del siguiente año.</li> </ul>
	Acciones Inmediatas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de Protocolos por parte de las autoridades para atender emergencia alimentaria.</li> <li>• Asistencia Técnica, para recuperar lo posible de la plantación.</li> </ul>
<b>Agricultores</b>	Acciones Preventivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforestación y conservación del bosque en la parte alta de cuencas y montañas, para reducir escorrentías y erosión del suelo</li> <li>• Implementación de barreras vivas para reducir la fuerza del viento que bota la milpa.</li> <li>• Diversificación de cultivos para asegurar su alimento.</li> <li>• Trazo de curvas de nivel y terrazas, para disminuir la escorrentía y evitar la pérdida de fertilizante, que cuando ocurren altas precipitaciones se lava.</li> <li>• Trazo de diques o canales para manejo de la escorrentía, sin afectar otras zonas de cultivo, ni el ecosistema en general.</li> <li>• Generación de compostaje orgánico, como fertilizante complementario y de emergencia si el fertilizante químico llegara a lavarse.</li> <li>• Se recomienda la utilización de combinación de compostaje orgánico y químico, para reservar parte del fertilizante químico en caso de que este se pierda en un evento de precipitación.</li> <li>• Siembra de zacate entre los surcos para que la gallina ciega se alimente de este y no del maíz (Práctica de la región de Pachay las Lomas)</li> </ul>

Acciones Inmediatas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resiembra si la pérdida ha ocurrido en fase de germinación</li> <li>• Luego del evento de precipitación, volver a abonar el cultivo, ya que bajo niveles de nitrógeno, empeoran la situación del cultivo.</li> <li>• En la fase de reproducción proteger jilote para conservación del polen, a través de técnicas que utilizan para producir híbridos las instituciones técnicas.</li> <li>• En fase de cosecha doblar mazorca antes, para evitar el ingreso de humedad y pudrición de la misma.</li> </ul>
------------------------	--

(Elaboración Propia)

Cuadro 16. Medidas de respuesta ante evento de sequía.

<b>Medidas de respuesta. Evento de Sequía</b>		
<b>Instituciones, tomadores de decisiones</b>	Acciones Preventivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Transmisión oportuna de la información a los agricultores.</li> <li>• Transferencia de tecnologías accesibles a los agricultores.</li> <li>• Capacitación de técnicos tanto en el manejo de información climática como la transmisión de la misma.</li> <li>• Capacitación a los agricultores sobre significado de las alertas y acciones posibles a realizar para generar una capacidad de respuesta.</li> <li>• Emisión de manuales para los agricultores con medidas tanto de prevención como para enfrentar la emergencia.</li> <li>• Creación de banco de semillas a nivel municipal del departamento para entrega de semillas para resiembra o siembra del siguiente año.</li> <li>• Construcción de captadores de agua lluvia en lugares claves y de mayor riesgo a falta de agua.</li> </ul>
	Acciones Inmediatas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de Protocolos por parte de las autoridades para atender emergencia alimentaria.</li> <li>• Asistencia Técnica, para recuperar lo posible de la plantación</li> </ul>

<b>Agricultores</b>	Acciones Preventivas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reforestación y conservación del bosque en la parte alta de cuencas y montañas, para generar microclimas y conservación de la humedad.</li> <li>• Diversificación de cultivos para asegurar su alimento.</li> <li>• Generación de compostaje orgánico, como fertilizante complementario y de emergencia si el fertilizante químico llegara a lavarse.</li> <li>• Se recomienda la utilización de combinación de compostaje orgánico y químico, para reservar parte del fertilizante químico en caso de que este se pierda en un evento de precipitación.</li> </ul>
	Acciones Inmediatas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colocación de recipientes a la par de la milpa para captación de agua de rocío a falta de sistemas de riego.</li> <li>• Captación de agua de lluvia a través de bolsas colocadas en las hojas de los bosques. Práctica que consiste en atrapar la humedad del árbol sin afectarlo.</li> <li>• En fase de siembra, si ya ocurrió pérdida resembrar.</li> <li>• Reservar fertilizante ya sea orgánico, químico o la mezcla de ambos, si este llegará a secarse para su posterior aplicación.</li> </ul>

(Elaboración Propia)

## 7.5 FACTIBILIDAD TÉCNICA DEL SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

La factibilidad del proyecto de SAT viene dado por el cumplimiento de elementos de carácter operativo, organizacional, tecnológico y de comunicaciones de acuerdo a los componentes descritos anteriormente en el diseño del SAT.

De momento las instituciones INSVUMEH e IARNA, generan información climática e instituciones como CONRED, son las encargadas de la emisión de alerta por riesgo a desastres naturales a nivel nacional. También son las que apoyan a los departamentos dependiendo de la localidad de la emergencia, a nivel departamental a través de CODRED. No existe un plan de sistema de alerta temprana enfocada a la agricultura en el departamento de Chimaltenango operando actualmente del que se tenga conocimiento.

A continuación se describen los elementos que permitirían el sistema de alerta temprana:

- a) Operacional: Aplicable principalmente al componente de sistema de alerta y emisión de monitoreo. En primer lugar se requiere que las instituciones INSVUMEH e IARNA, continúen brindando la información climática de forma continua, ya que son las instituciones poseedoras de las estaciones climáticas en el departamento de Chimaltenango. Se necesita de operadores técnicos especialistas para el manejo de información climática y agrícola, que puedan integrar y transmitir de manera sencilla, de fácil comprensión para posteriormente transmitirla al comité de riesgo agroclimático y estos puedan comunicarlo a los agricultores. De momento se cuenta con la información climática pero esta no tiene más que un uso informativo y de aplicación en caso de riesgo a desastres humanos e infraestructurales, la emisión de alertas suele ser en el corto plazo. También se cuenta con personal como ingenieros ambientales que pueden trabajar como operadores del sistema de alerta, los cuales requieren de una capacitación previa.

- b) Tecnológica: Se requiere que los actuales equipos de monitoreo climático, se mantengan en condiciones óptimas, para garantizar que la información climática requerida sea confiable y oportuna. Para ello se espera que las estaciones gocen del mantenimiento adecuado y en un futuro la mejora tecnológica de las mismas. Poner riesgo en conclusiones. Actualmente para la recopilación de información climática para el departamento de Chimaltenango. Se pudo observar que estas no generan información de forma continua ya que algunos años o periodos de tiempo (meses) no reportan datos tan básicos como la precipitación desconociendo las causas de la falta de información.
  
- c) Comunicaciones: Será necesario la implementación de canales de comunicación eficaces para transmitir la información a oportunamente, desde las instituciones, el comité de riesgo agroclimático hasta los agricultores. Existen las instituciones y canales de comunicación necesarios (radio, líderes comunitarios, etc.), haría falta la coordinación de los encargados de transmitir la información.
  
- d) Organización: Es aplicable para los 4 componentes del SAT, ya que se requiere una integración y articulación de los diferentes actores de cada componente. Esta debe ser a todo nivel Se requiere la participación de todos los involucrados: generadores de información (IARNA, INSIVUMEH), operadores (unificadores de información), comité de riesgo agroclimático (tomadores de decisiones) y agricultores; como parte de la organización del proyecto se prevé la socialización del proyecto y asignación de funciones a todos los involucrados. Actualmente las instituciones existen pero no trabajan en conjunto en proyectos de este tipo hasta el momento reportados o conocidos, a excepción del comité de riesgo agroclimático que debería instituirse.

Finalmente se concluye que si es factible el SAT técnicamente siempre y cuando cumple con los requisitos antes planteados.

## VIII. CONCLUSIONES

- Según el análisis y caracterización climática realizada, durante los últimos 70 años, las variables agroclimáticas de temperatura y precipitación han experimentado variabilidades que indican un cambio climático en las zonas de vida bh-MBT y bh-PMT.
- En el bosque húmedo montano bajo la precipitación ha experimentado un distanciamiento del promedio histórico de 847 mm anuales tanto extremos de precipitación siendo 1500 mm la más alta registrada en 2010 y una mínima de 650mm registrada en 1987. En cuanto a la temperatura se evidencio un incremento de 2°C del rango promedio de 18-20 °C.
- En el bosque húmedo premontano tropical la precipitación ha experimentado una variabilidad y aumento a partir del año 2005, pero sigue ubicándose en el rango normal de 837-3125 mm. En cuanto a la temperatura ha experimentado mucha variabilidad aumentando un grado, sin embargo se encuentra bajo el promedio de 26.3°C.
- Según el análisis de correlación, no existe influencia de la precipitación sobre el rendimiento de maíz a nivel nacional, ni sobre la producción a nivel del departamento de Chimaltenango. Esto dentro de un contexto donde tanto los registros estadísticos de las variables agrícolas (producción y rendimiento) y la variable climática precipitación se encontraban incompletas lo que pudo inducir a un error.
- Existe evidencia de las afecciones de anegamiento de suelos y déficit hídrico, causados por eventos climáticos extremos, en las diferentes fases del ciclo fenológico de maíz, a partir de las experiencias de los agricultores consultadas en campo.
- Días continuos de anegamiento de suelos originan pérdidas de producción y rendimiento. 5 -10 días provocan pérdidas del 30 al 50% y más de 15 días provocan pérdidas del 100% de pérdida total.

- Días continuos de déficit hídrico originan pérdidas de producción y una disminución de rendimiento. 25 días provocan pérdidas del 25%, 30 días provocan pérdidas del 50% y más de 30 días hasta 100% de pérdida total.
- Los efectos del anegamiento de suelos y déficit hídrico origina diversos efectos en las fases del ciclo fenológico del maíz, provocando una disminución de su actividad fotosintética y metabólica, lo que deriva en un menor rendimiento.
- Los agricultores no tienen la capacidad de enfrentar las pérdidas provocadas por eventos extremos, su resiliencia disminuye a medida que los eventos extremos son continuos y no existe un tiempo de recuperación. Existe falta de apoyo para las comunidades por partes de las instituciones de gobierno.
- Guatemala no cuenta con un SAT para riesgo agrícola por eventos climáticos extremos hasta ahora reportado,
- El SAT diseñado se basa en el conocimiento del riesgo a través de la consulta participativa de las experiencias de los agricultores y consulta documental.
- El diseño del sistema de alerta y monitoreo hace énfasis en dos tiempos el mediano y largo plazo con el fin de tomar acciones preventivas que reduzcan las pérdidas, así como las medidas en caso de desastre. Se basa en la definición de variables por los propios agricultores y consulta documental.
- La factibilidad técnica del sistema de alerta temprana es posible siempre que se cumplan elementos esenciales como organización, comunicación, capacidad tecnológica y operacional, basado en los componentes del sistema: conocimiento del riesgo, sistema de alerta y monitoreo, comunicación y capacidad de respuesta, con la organización y articulación de todos los actores participantes de cada componente.



## IX. RECOMENDACIONES

- Para los registros de variables agrícolas (producción y rendimiento), se recomienda a las instituciones generadoras de información que este sea de forma continua de fuente confiable, para que esta pueda ser utilizada para generar información estadística y de escenarios en correlación con otras variables en este caso para conocer la influencia del cambio climático en la agricultura.
- Se recomienda la realización de un programa de medición de impactos del cambio climático y la variabilidad climática en agricultura de subsistencia, que pueda ser de utilidad para el pequeño productor e instituciones agrícolas.
- De ser implementado el SAT, se recomienda a las instituciones INSIVUMEH el seguimiento y mantenimiento de estaciones climáticas ya que la información sobre precipitación se encontraba incompleta. Un registro de información continua permitiría que el SAT sea efectivo.
- De ser implementado el SAT, se recomienda llevar un registro continuo de la producción y rendimiento. Así como de las afecciones observadas durante eventos climáticos extremos. Esto para llevar un control de los eventos climáticos extremos que afectan más al cultivo de maíz en la región y derivar acciones de respuesta.
- Se recomienda la realización de una prueba piloto del SAT en las comunidades antes investigadas.
- De ser implementado el SAT, se recomienda la participación de los agricultores como agentes informadores de las condiciones climáticas y de cultivos en campo durante el funcionamiento del mismo. Como parte del empoderamiento de las comunidades y retroalimentación del sistema, buscando la mejora continua del mismo.

## X. BIBLIOGRAFÍA

- Acción por el Hambre. (2010). *Situación Alimentaria y Nutricional del Corredor Seco de Centroamérica*. Guatemala-Honduras-Nicaragua.
- Adger, N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change* , 16(1), 268–281.
- Adger, N., Arnel, N., & Tompkins, E. (2005). Successful adaptation to climate change across scales. *Global Environmental Change* , 15, 77-86.
- Año 2003*. Guatemala: Litoproguia.
- CATIE. (1980). *Desarrollo Rural y el Pequeño Productor en América Latina*. Caracas: IICA Biblioteca Venezuela.
- Ciudad de Guatemala.
- CONRED. (2014). *Sistemas de Alerta Temprana. Conceptos Básicos*. Ciudad de Guatemala.
- Corrales, L. y. (2005). *Estudio de Factibilidad Técnico-Económico para la Implementación de Sistemas de Alerta Temprana para las poblaciones afectadas por los Flujos de Lodo del Volcán Cotopaxi en la Cuenca Sur-Oeste*. Lacatunga, Ecuador.
- Dino, P. N. (n.d.). *Teoría de la Factibilidad*.
- DUPONT. (1996). DUPONT. Recuperado el Agosto de 2015, de [http://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina\\_Intl/AGRONOMIA/boletines/Conocimientos\\_Agricolas\\_Danio\\_por\\_Anegamiento.pdf](http://www.pioneer.com/CMRoot/International/Argentina_Intl/AGRONOMIA/boletines/Conocimientos_Agricolas_Danio_por_Anegamiento.pdf)
- Eduardo Baumeister. (2006). *Pequeños Productores de Granos Básicos en América Central*. FAO-RUTA.
- FAO. (n.d.). *Censos Agropecuarios y Género*. Estado Unidos: Departamento Económico y Social.
- IARNA. (2011). *Cambio Climático y Biodiversidad*. Ciudad de Guatemala.

- IARNA. (2014). *Clasificación de ecosistemas de Guatemala basada en el sistema de zona de vida Holdrige*. Ciudad de Guatemala.
- ICTA. (2000). *Sub Programa de Maíz*. Guatemala.
- ICTA. (2002). *El cultivo de maíz en Guatemala*. Ciudad de Guatemala.
- IICA. (2001). *Guatemala. Marco Cuantitativo de la Agricultura Guatemalteca (1950-1999)*.
- INSIVUMEH. (Mayo de 2010). INSIVUMEH. Recuperado el Agosto de 2015, de <http://www.insivumeh.gob.gt/meteorologia/pronosticos/especial.pdf>
- IPCC. (2001). Cambio Climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes del grupo de trabajo II. In I. P. Climático., *Resumen para responsables de políticas Tercer Informe de Evaluación*. (p. 80). Geneva, Switzerland: IPCC Panel Intergubernamental de Cambio Climático.
- IPCC. (2001). Cambio Climático 2001: impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes del grupo de trabajo II. In I. P. Climático., *Resumen para responsables*
- IPCCC. (2007). *Cambio Climático. Informe Síntesis*. Ciudad de Guatemala.
- Jacks, D. W. (2010). Directrices sobre sistemas de alerta temprana y aplicación de predicción inmediata y operaciones de aviso. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra.
- Laffite, H. (2000). DEPOSITOS DE DOCUMENTO DE LA FAO. Recuperado el Agosto de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/003/x7650s/x7650s12.htm#TopOfPage>
- MAG. (2009). Ministerio de Agricultura de Costa Rica. Recuperado el Agosto de 2015, de <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00178.pdf>
- MAGA. (2006). *Mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra de la república de Guatemala*. de <http://web.maga.gob.gt/download/monitoreo-cultivos-2.pdf>
- MAGA. (Febrero de 2014). Ministerio de Agricultura y Ganadería. Recuperado el Agosto de 2015,

MARN. (2001). *"Primera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático"*. Ciudad de Guatemala.

MARN. (2007). *Programa Nacional de Cambio Climático Guatemala-Centroamérica, "Análisis de la Vulnerabilidad Futura de los Recursos Hídricos al Cambio Climático"*. Ciudad de Guatemala.

MDG Achievement Fund. (2010). *Metodología para el análisis de vulnerabilidad al cambio y a la variabilidad climática aplicada a un área piloto*. Bogotá, Colombia: MDG Achievement Fund.

Mora, Ramírez, Ordaz y Acosta. (2010). *Guatemala. "Efectos del Cambio Climático sobre la Agricultura"*. Ciudad de Guatemala. New York: UNDP-GEF.

Sáenz-Romero, C. &. (2006). *Altitudinal genetic variation among Pinus odocará populations in Michoacán, Mexico. Implications for seed zoning, conservation, tree breeding and global warming. Forest Ecology and Management 226*.

UNDP. (2002). *An adaptation policy framework. Capacity building for stage II adaptation*. Universidad Andina Simón Bolívar. (n.d.). *Teoría de Proyectos*. Ecuador.

USAID. (2013). *Tipología Nacional de Productores Agrícolas, con especial referencial al Altiplanos Occidental de Guatemala*. Guatemala.

Universidad de San Carlos de Guatemala. (2013). *Guatemala Impactos Económicos y Humanos del Cambio Climático*. Ciudad de Guatemala.

UVG, INAB, CONAP, URL. (2011). *Mapa de cobertura forestal de Guatemala 2006 y Dinámica de la Cobertura Forestal 2001-2006*. Guatemala: Serviprensa, S.A.

## XI. ANEXOS

### 11.1 DATOS RECOPIADOS DE PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO Y PRECIPITACIÓN A NIVEL NACIONAL Y DEL DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO.

Cuadro 17. Datos Nacionales sobre área cultivada, producción, rendimiento y precipitación anual.

Año	Promedio de Área Cultivada en Hectáreas	Promedio de Producción Anual	Promedio de Rendimiento Anual	Promedio de Precipitación Anual a Nivel Nacional
1991	668.7	1233275	1.84	1448.05
1992	725.62	1366390	1.88	1513.747727
1993	699.65	1294790	1.85	1556.32
1994	606.92	1187696	2	1352.171739
1995	546.2	1061591.5	1.94	1813.232609
1996	588	573947.5	1.97	1832.754348
1997	576.17	486468	1.77	1572.443478
1998	628.91	1068739.5	1.7	1582.104444
1999	626.62	1066980	1.77	1842.916279
2000	592	1060775	1.4	1623.851163
2001	593	1166,740.00	1.4	1488.862791
2002	602	1154,570.00	1.4	1405.040909
2003	602	1165,780.00	1.6	1539.22093
2004	602	1185,655.00	1.4	1345.36087
2005	590	1237,403.00	1.5	1735.058696
2006	578.00	1394,833.46	2.04	1663.271739
2007	690.00	1559,664.90	2.01	1592.48913
2008	693.00	1640,601.75	1.955	1824.554348
2009	823.00	1637,899.31	1.89	1344.569565
2010	840.00	1631,002.53	1.795	2133.326087
2011	841, 094. 17	1672,384.27	1.945	1956.84
2012	848,330	1723,833.00	2.032031167	1517.469767
2013	857,640.00	1731757.5	2.019212607	1614.879545

(Elaboración Propia)

Cuadro 18. Promedio de precipitación y producción en el departamento de Chimaltenango.

<b>Año</b>	<b>Promedio de Precipitación Anual en Chimaltenango</b>	<b>Promedio de Producción en Chimaltenango</b>
1991	3.100472296	49331
1992	3.187295082	54655.6
1993	3.659041096	51791.6
1994	3.077945205	47507.84
1995	4.144657534	42463.66
1996	3.926092896	22957.9
1997	3.306642813	19458.72
1998	3.800680415	42749.58
1999	4.213662502	42679.2
2000	3.467976645	42431
2001	2.629453926	46669.6
2002	2.531643836	46182.8
2003	3.717123288	46631.2
2004	2.61287968	47426.2
2005	3.736164384	49496.12
2006	3.732671233	55793.33827
2007	2.893424658	62386.596
2008	4.388289291	65624.07
2009		65515.97253
2010		65240.10107
2011		66895.3706
2012		68953.32
2013		69270.3

(Elaboración Propia)

## 11.2 BOLETA PARA DETERMINAR LOS EFECTOS DE LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN LA ZONAS DE VIDA BH-MBT Y BH-PMT DE CHIMALTENANGO

Nombre del Encuestador:	Fecha:	No. Boleta:
-------------------------	--------	-------------

**Instrucciones:** Completar la información de la encuesta a través de la entrevista, discusión, observación de la parcela del entrevistado y los resultados que ofrece las prácticas agrícolas que se encontraron. Documentar una boleta por entrevistado.

### PARTE 1. DESCRIPCIÓN DE A LA COMUNIDAD

#### I. UBICACIÓN:

1. Nombre del entrevistado/a: \_\_\_\_\_
2. Nombre del programa socio: \_\_\_\_\_
3. No. Miembros de la familia u hogar: Total \_\_\_ Hombres # o % \_\_\_\_\_ Mujeres # o % \_\_\_\_\_
4. Lugar o aldea: \_\_\_\_\_

#### II. CLIMA:

5. Temperatura promedio  
 Cálido  Templado  Frio
6. Humedad Relativa de la comunidad:  
 10%  20%  30%  40 %  50%  60%  70%  80%  90%  100%
7. Precipitación (ml): \_\_\_\_\_
8. Velocidad del viento promedio:  
 5 km/h  10 km/h  15 km/h  20 km/h  25 km/h  o más escriba \_\_\_\_\_

#### III. TOPOGRAFIA DEL LUGAR (Comunidad)

9. Altura (msnm): \_\_\_\_\_
10. Ubicación del terreno:  
 Meseta  Ladera  Valle  Planicie

11. Porcentaje de Pendiente (%):  Muy escarpada (>60%),  Escarpada (30-60)  Inclínada (16-30),  Poco inclinada (8-16),  Pendiente ligera (5-8),  Casi plana (2-5),  Plana (0-2)

12. Profundidad del suelo (cm):

0-20  20-50  50-80  100 o mas

13. Disponibilidad de agua superficial:

No tiene  Escasa  Moderada  Abundante

14. Profundidad aproximada del agua o manto freático: \_\_\_\_\_

15. Calidad del agua:

Potable  No potable  Solo para uso Agrícola

16. Nivel de biodiversidad (riqueza de especies por hábitat) observada en el terreno:

Baja  Media  Alta

#### IV. DESCRIPCIÓN DE PARCELA/PRODUCTOR:

17. Tamaño del terreno o parcela (cuerdas de x tamaño, o m cuadrados)

a. Del Agricultor: \_\_\_\_\_ b. Del grupo o aldea: \_\_\_\_\_

18. Tipo de propiedad de la tierra:

Propia  Familiar  Arrendada  Comunal  Municipal  Estatal  Otra  Especifique: \_\_\_\_\_

19. Especifique si tienen otra fuente de ingresos fuera de la agricultura: \_\_\_\_\_

20. ¿Aproximadamente cuánto gana el agricultor al mes? (promedio de ingresos):

21. ¿De cuánto es su producción promedio anual? \_\_\_\_\_

#### PARTE 2. DESCRIPCIÓN DE CICLO PRODUCTIVO DE MAÍZ (LÍNEA BASE)

##### V. PRODUCCION:

22. Número de veces que siembra maíz en el año

Una siembra	Dos siembras	Ninguna	Observaciones:
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	_____
			_____



23. Época de siembra de maíz (considere primera y segunda siembra) considerando rango de pentadas :

Enero  Febrero  Marzo  Abril  Mayo  Junio  Julio  Agosto  Septiembre  Octubre  Noviembre  Diciembre

Mes	Rango (Días En Pentadas) Ejem. 10-15 Mayo
Abril	
Mayo	
Junio	

Observaciones

---



---



---

24. Época de Cosecha de los granos básicos o cultivos de autoconsumo (considere primera y segunda siembra):

Maíz      Enero  Febrero  Marzo  Abril  Mayo  Junio  Julio  Agosto  Septiembre  Octubre  Noviembre  Diciembre

Observaciones: \_\_\_\_\_

---

Cuadro No. 1: Ciclo Fenológico del Maíz

Fase y subfases	Fecha de inicio, fecha final / Duración	Momento (¿cómo define el agricultor cambio de fase?)	Actividades y su frecuencia	Insumos y costos aprox.
Siembra Subfases:				
Vegetativa				
Reproductiva				
Cosecha				

**PARTE 4. PERCEPCIÓN DE EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA (maíz).**

Se llama **cambio climático** a la modificación del clima con respecto al historial climático a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros meteorológicos: por ejemplo, temperatura, precipitación y presión atmosférica circulación atmosférica de los vientos y mareas, etc. Actualmente existe cambio climático denominado abrupto, el cual se evidencia de manera general por el aumento de temperatura y va acompañado, principalmente, de cambios en las lluvias, y sus patrones distribución y ocurrencia, aumento de temperatura y variabilidad climática. La variabilidad climática significa que existe una intensificación del ciclo hidrológico y observación de eventos extremos (sequías vs. altas precipitaciones).

**a. Déficit Hídrico (Definido por pentadas)**

**a.1 Año seco 2009**

31. ¿Cuáles fueron los principales efectos de la sequía de 2009 en la agricultura, en el cultivo de maíz en términos generales?

---

---

---

32. Cuáles fueron los principales efectos de la sequía de 2014 en los rendimientos del maíz (especifique)

---

---

---

33. Cuáles fueron los principales efectos de la sequía de 2014 en plagas y enfermedades en el maíz (especifique)

---

---

---

34. ¿Cuáles fueron los principales efectos de la sequía de 2014 en la capacidad productiva de los suelos?

---

---

---

35. Problemas ocasionados por la sequía en las fases del ciclo fenológico de maíz

<b>Fenómeno:</b>		<b>Sequía</b>			
Fase del Cultivo y subfases	Rango en Pentadas, donde la afección al cultivo se presenta.	Efecto	Acciones que realiza, practicadas	Efectividad (Alta, media, baja)	Acciones posibles a realizar
Siembra	1 Pentada 2 Pentadas 3Pentadas				
Vegetativa	1 Pentada 2 Pentadas 3Pentadas				
Reproducción	1 Pentada 2 Pentadas 3Pentadas				
Cosecha	1 Pentada 2 Pentadas 3Pentadas				

**b. Exceso de Humedad**

**Considerando el exceso de humedad, una saturación del suelo de 3 días.**

**b.1 Efectos del Año Muy Húmedo 2010 en maíz.**

37. Cuáles fueron los principales efectos de las altas precipitaciones del año 2010 en los rendimientos en su cultivo de maíz.

\_\_\_\_\_

38. Cuáles fueron los principales efectos de las altas precipitaciones en plagas y enfermedades de su principal actividad agrícola (especifique)

\_\_\_\_\_

39. ¿Cuáles fueron los principales efectos de las altas precipitaciones en la capacidad productiva de los suelos?

\_\_\_\_\_

40. Cuadro afecciones de año húmedo 2010 en ciclo fenológico de maíz

<b>Fenómeno:</b>	<b>Sequía</b>				
Fase del Cultivo y subfases	Saturación: Ejemplo 3 días, más de 3 días.	Efecto	Acciones que realiza, practicadas	Efectividad (Alta, media, baja)	Acciones posibles a realizar
Siembra					
Vegetativa					
Reproducción					
Cosecha					

**PARTE 4. PRACTICAS DE ADAPTACION:**

44. Prácticas de conservación de semillas que usted o su grupo realizan:

<b>Prácticas usadas</b>	<b>No se hace</b>	<b>Una vez al año</b>	<b>Más de una vez al año</b>	<b>No sabe</b>

Comentarios: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

45. Prácticas de conservación de suelos que usted o su grupo realizan:

<b>Prácticas usadas</b>	<b>Donde lo hace o aplica</b>	<b>Como lo hace</b>	<b>Cuantas Veces Lo hace</b>	<b>Qué resultados le ha dado</b>

Comentarios: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

46. Otras prácticas que realiza usted o su grupo realizan

<b>Prácticas usadas</b>	<b>Donde lo hace o aplica</b>	<b>Como lo hace</b>	<b>Cuantas Veces Lo hace</b>	<b>Qué resultados le ha dado</b>

Comentarios: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

### 11.3 RECOPIACIÓN DE DATOS DE PRODUCCIÓN, RENDIMIENTO DE LAS COMUNIDADES PACHAY LAS LOMAS Y PAYÁ DE CHIMALTENANGO.

Cuadro 19. Recolección recopilada en campo de los agricultores de las comunidades Pachay las Lomas y Payá.

No.	Nombre	m2	Producción clima normal (qq.)	Producción Año Húmedo qq. 20	Producción qq. Año seco 2014	Rendimiento Año Normal	Rendimiento	Rendimiento
1	Ana María Chaly	108	6	-	4.5	0.06	-	0.04
2	Adelina Guicoy	108	6	-	4.5	0.06	-	0.04
3	Odilia Atz	72	4	-	3	0.06	-	0.04
4	Carlos Jacobo	72	4	-	3	0.06	-	0.04
5	María Cleotilde Chaeue	72	4	-	3	0.06	-	0.04
6	Máximo Atz	36	8	0	3	0.22	0	0.08
7	Jessica López	180	6	0	0	0.03	0	-
8	Aracely Jacobo	108	18	0	5	0.17	0	0.05
9	Esther Chali	72	7	0	5	0.10	0	0.07
10	María Gerarda López	36	4	1	3	0.11	0.03	0.08
11	Adelina Ajmaq	36	4	1	3	0.11	0.03	0.08
12	María Ofelia Atz Camey	36	4	1	3	0.11	0.03	0.08
13	OscarAtz Castro	216	4	1	3	0.02	0.00	0.01
14	Arnoldo Sanic	144	20	12	15	0.14	0.08	0.10
15	Mynor Sanai	72	6	45	2.5	0.08	0.63	0.03
16	María Elizabeth	216	30	5	18	0.14	0.02	0.08
17	Mario Perei	2.5	15	10	8.5	6.00	4.00	3.40
18	Elba Floribe	72	12	6	8	0.17	0.08	0.11
19	Raúl	144	52	26	32	0.36	0.18	0.22
20	EdgarArnoldo Perei Chali	288	32	16	24	0.11	0.06	0.08
21	Margarito Roquel	288	33.5	16	24	0.12	0.06	0.08
22	Rogelio Caná Asilo	80	25	13	23	0.31	0.16	0.29
	Total	2458.5	304.5	153	198	8.58	5.36	5.08
	Promedio	111.75	13.84	9	9	0.50	0.32	0.30
						0	2010	2014

(Elaboración Propia)

#### 11.4 INFORMACIÓN DE PORCENTAJE DE AGRICULTORES EN RELACIÓN CON SU PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE LAS COMUNIDADES PAYÁ Y PACHAY LAS LOMAS.

Cuadro 20. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año climático normal. Comunidad Pachay las Lomas.

<b>Comunidad Pachay las Lomas</b>	
<b>No. de agricultores</b>	<b>Producción de maíz año 2010(Quintales)</b>
7	4 qq.
1	8 qq.
1	18 qq.
3	6 qq.
1	7 qq.

(Elaboración Propia)

Cuadro 21. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año climático normal. Comunidad Payá.

<b>Comunidad Pachay las Lomas</b>	
<b>No. de agricultores</b>	<b>Producción de maíz año 2010(Quintales)</b>
1	20 qq.
1	6 qq.
1	30 qq.
1	15 qq.
1	7 qq.
1	12 qq.
1	52 qq.
1	32 qq.
1	33.5 qq.
1	25 qq.

(Elaboración Propia)



Cuadro 22. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año climático normal. Comunidad Pachay las Lomas.

<b>Comunidad Pachay las Lomas</b>	
<b>No. de agricultores</b>	<b>Rendimiento de maíz año 2010(Quintales)</b>
5	0.06
1	0.22
1	0.03
1	0.17
3	0.11
1	0.1
1	0.02

(Elaboración Propia)

Cuadro 23. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año climático normal. Comunidad Payá.

<b>Comunidad Pachay las Lomas</b>	
<b>Porcentaje de agricultores</b>	<b>Rendimiento de maíz año 2010(Quintales)</b>
1	0.02
2	0.14
1	0.08
1	6
1	0.17
1	0.36
1	0.11
1	0.12
1	0.31

(Elaboración Propia)

Cuadro 24. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año con anegamiento de suelos. Comunidad Pachay las Lomas.

<b>Comunidad Pachay las Lomas</b>	
<b>No. de agricultores</b>	<b>Producción de maíz año 2010(Quintales)</b>
4	0
4	1

(Elaboración Propia)

Cuadro 25. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año con anegamiento de suelos. Comunidad Payá.

<b>Comunidad Payá</b>	
<b>No. de agricultores</b>	<b>Producción de maíz año 2010(Quintales)</b>
1	12
1	45
1	5
1	10
1	6
1	26
2	16
1	13

(Elaboración Propia)

Cuadro 26. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año con anegamiento de suelos. Comunidad Pachay las Lomas

<b>Comunida Pachay las Lomas</b>	
<b>No. de agricultores</b>	<b>Rendimiento de maíz año 2010(Quintales)</b>
4	0
4	0.03

(Elaboración Propia)

Cuadro 27. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año con anegamiento de suelos. Comunidad Payá.

<b>Comunida Payá</b>	
<b>Porcentaje de agricultores</b>	<b>Rendimiento de maíz año 2010(Quintales)</b>
2	0.08
1	0.63
1	0.02
1	4
1	0.18
2	0.06
1	0.16

(Elaboración Propia)

Cuadro 28. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año con anegamiento déficit hídrico. Comunidad Pachay las Lomas.

<b>Comunidad Pachay las Lomas</b>	
<b>Porcentaje de agricultores</b>	<b>Producción de maíz año 2014 (Quintales)</b>
2	4.5
8	3
1	0
2	5

(Elaboración Propia)

Cuadro 29. Porcentaje de agricultores en relación con su producción en año con anegamiento déficit hídrico. Comunidad Payá.

<b>Comunidad Payá</b>	
<b>Porcentaje de agricultores</b>	<b>Producción de maíz año 2014 (Quintales)</b>
1	15
1	2.5
1	18
1	8.5
1	8

1	32
2	24
1	23

(Elaboración Propia)

Cuadro 30. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año con anegamiento déficit hídrico. Comunidad Pachay las Lomas.

<b>Comunidad Pachay las Lomas</b>	
<b>No. de agricultores</b>	<b>Rendimiento de maíz año 2014 (Quintales)</b>
5	0.04
4	0.08
1	0.05
1	0.01
1	0.07
1	0

(Elaboración Propia)

Cuadro 31. Porcentaje de agricultores en relación con su rendimiento en año con anegamiento déficit hídrico. Comunidad Payá.

<b>Comunidad Payá</b>	
<b>Porcentaje de agricultores</b>	<b>Rendimiento de maíz año 2014 (Quintales)</b>
1	0.1
1	0.03
1	0.08
1	3.4
1	0.11
1	0.22
2	0.08
1	0.29

(Elaboración Propia)

### 11.5 PROPUESTA DE BOLETÍN DE RIESGO AGROCLIMÁTICO

La Propuesta del Boletín recopila la información climática a nivel nacional y departamental para aterrizar en el análisis de posibles eventos climáticos extremos que afecten al departamento de Chimaltenango.

<p style="text-align: center;"><b>Boletín de Riesgo Agroclimático</b> <b>No.</b> <b>Departamento de Chimaltenango</b></p> <p><b>Contenido</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>I. Clima y Análisis de Condiciones: Descripción, conocimiento y análisis de condiciones climáticas.</li><li>II. Situación del Cultivo de Maíz: Indica la fase del ciclo fenológico en el que se encuentra.</li><li>III. Estado y Emisión de Alerta</li><li>IV. Daños y pérdidas reportadas</li><li>V. Acciones recomendadas a implementar: Según la fase del ciclo fenológico en la que se encuentra el cultivo.</li><li>VI. Condiciones de Reserva de granos.</li></ul> <p style="text-align: right;">Fecha de Emisión: ///</p>
--

(Elaboración Propia)

Figura 38. Boletín agroclimático, basado en los boletines de INSIVUMEH y MAGA.